万用电表维修手册

5705厂 编

人民邮电出版社

内　容　提　要

本书共收集了75种国产万用电表的技术资料，主要介绍了这些万用电表的电路图及性能数据。同时根据维护与修理工作的需要，在第一到第四章中，对万用电表的结构、工作原理、校验要求与方法、修理与调测等作了介绍。可供使用、维修、生产万用电表的广大工人、技术人员查阅参考。

万用电表维修手册

5705厂 编

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津市第一印刷厂印刷

新华书店发行

*

开本：787×1092 1/16　1975年8月第一版

印张：20 1/2 页数：164　1975年8月天津第一次印刷

印刷字数：513千字　印数：1—142,000 册

统一书号：15045·总2028—无610

定价：1.65 元

目　　录

第一章　万用表的结构与工作原理 …… (1)

1—1　概　述 …… (1)
1—2　表　头 …… (2)
1—3　整流器 …… (7)
1—4　电流互感器 …… (12)
1—5　蜂鸣器 …… (15)
1—6　直流电流的测量 …… (16)
1—7　直流电压的测量 …… (19)
1—8　交流电流的测量 …… (20)
1—9　交流电压的测量 …… (23)
1—10　电阻的测量 …… (23)
1—11　电平的测量 …… (26)
1—12　其它参量的测量 …… (29)
1—13　万用表的发展 …… (29)

第二章　万用表的技术要求及其检验 …… (30)

2—1　有关误差的定义 …… (30)
2—2　万用表修理后的技术条件 …… (32)
2—3　万用表的检验设备 …… (33)

第三章　表头的修理与调试 …… (36)

3—1　机械摩擦的排除 …… (36)
3—2　摩擦误差的排除 …… (42)
3—3　倾斜误差和不平衡误差的排除 …… (52)
3—4　基本误差的调整 …… (58)
3—5　其它故障的排除 …… (70)

第四章　测量电路的修理与调试 …… (72)

4—1　修理前的鉴定和技术准备 …… (72)
4—2　电路故障的排除 …… (73)
4—3　测量电路的调整 …… (81)

第五章　国产各型万用表资料汇编……（88）

（1）　100型万用表（结构之一）……（88）
（2）　100型万用表（结构之二）……（90）
（3）　100型万用表（结构之三）……（91）
（4）　105型万用表（结构之一）……（92）
（5）　105型万用表（结构之二）……（94）
（6）　105型万用表（结构之三）……（97）
（7）　105型万用表（结构之四）……（99）
（8）　105型万用表（结构之五）……（102）
（9）　105型万用表（结构之六）……（103）
（10）　106型万用表（结构之一）……（103）
（11）　106型万用表（结构之二）……（106）
（12）　108型万用表 ……（108）
（13）　108-1型万用表 ……（108）
（14）　108-1T型万用表 ……（111）
（15）　108-T型万用表……（111）
（16）　108-T-1型万用表……（112）
（17）　108-T-1热型万用表……（114）
（18）　160型万用表 ……（116）
（19）　442型万用表（结构之一）……（119）
（20）　442型万用表（结构之二）……（121）
（21）　444型万用表 ……（123）
（22）　500型万用表（结构之一）……（125）
（23）　500型万用表（结构之二）……（129）
（24）　500型万用表（结构之三）……（131）
（25）　500型万用表（结构之四）……（131）
（26）　500(500-F)型万用表（结构之五）……（134）
（27）　501型万用表（结构之一）……（139）
（28）　501型万用表（结构之二）……（143）
（29）　501型万用表（结构之三）……（145）
（30）　505型万用表（结构之一）……（148）
（31）　505型万用表（结构之二）……（151）
（32）　505型万用表（结构之三）……（154）
（33）　508型万用表 ……（156）
（34）　581型万用表（结构之一）……（159）
（35）　581型万用表（结构之二）……（162）
（36）　62-1型万用表……（164）

(37) 832 型袖珍万用表 …… (167)
(38) 天津袖珍万用表 …… (169)
(39) G-63型万用表 …… (170)
(40) MF3型万用表 …… (172)
(41) MF4-1、MF4型万用表 …… (173)
(42) MF5型万用表 …… (176)
(43) MF5-1型万用表 …… (181)
(44) MF6T 型万用表 …… (184)
(45) MF7型万用表 …… (186)
(46) MF8型万用表 …… (190)
(47) MF9型万用表 …… (192)
(48) MF10型万用表 …… (196)
(49) MF11型万用表 …… (199)
(50) MF12型万用表 …… (202)
(51) MF14型万用表 …… (209)
(52) MF15型袖珍万用表 …… (213)
(53) MF15A 型袖珍万用表 …… (216)
(54) MF16型万用表 …… (218)
(55) MF18型万用表 …… (223)
(56) MF19型万用表 …… (227)
(57) MF20型晶体管万用表 …… (231)
(58) MF24-1型万用表 …… (236)
(59) MF25型万用表 …… (241)
(60) MF26型万用表 …… (245)
(61) MF27-1型袖珍万用表 …… (248)
(62) MF28型袖珍万用表 …… (251)
(63) MF30型袖珍万用表 …… (253)
(64) MF35型万用表 …… (256)
(65) MF37-T型万用表 …… (262)
(66) MF40型袖珍万用表 …… (265)
(67) U-1型袖珍万用表（结构之一） …… (268)
(68) U-1型袖珍万用表（结构之二，黑色） …… (270)
(69) U-6型万用表 …… (271)
(70) U-8型万用表 …… (274)
(71) U-10型袖珍万用表 …… (276)
(72) U-101型万用表 …… (278)
(73) U-202型万用表（巨浪） …… (281)
(74) U-402型万用表 …… (284)

(75) UT-1型万用表…… (286)
附录1. 电气测量指示仪表和附件的符号…… (288)
附录2. 游丝的规格和有关数据表…… (294)
附录3. 轴尖的规格和有关数据表…… (300)
附录4. 宝石轴承的规格和有关数据表…… (302)
附录5. 锰铜合金线和镍铜合金线的电阻值…… (304)
附录6. 漆包铜线数据表…… (305)
附录7. 对于各种电流密度而言的导线电流负载…… (312)
附录8. 每1厘米长度的电阻板上用密集绕法实际可绕圈数…… (317)
附录9. 在每1厘米^{2}的线圈截面积中用密集的交迭式绕法实际可绕的圈数…… (318)

第一章　万用表的结构与工作原理

1—1　概　　述

万用表，又称繁用表、复用表或三用表，是一种多量程和多种电量的便携式复用电气测量仪表。一般情况以测量电流（交直流）、电压（交直流）和电阻为主要目标，所以习惯叫做三用表。此外，派生的测量电量还有电平（分贝）功率、电容和电感等，由于其用途的多样化，所以叫做万用表或繁用表。国家标准中叫做复用表。

由于是便携式仪表，因而其准确度的等级一般在1.0级至5级之间。

万用表由于其具有量程广泛、使用和携带方便等优点，所以被广泛地在工厂、企业、科研单位、学校、人民公社等应用于生产斗争与科学实验的活动中。

万用表测量直流电流的量程一般在50μA至10A之间；测量交流电流的量程一般在1 mA至10A之间；测量直流电压的量程一般在0.1V至5000V之间；测量交流电压的量程一般在1V至5000V之间；测量电阻的量程一般在1Ω至20MΩ之间。

万用表在结构上由三个部分组成：1.指示部分（表头）；2.测量电路；3.转换装置。

万用表由于需要作多种测量，因此必须由转换装置把仪表的电路转接为所选定的测量种类与量程。转换装置通常由转换开关（测量种类、量程选择开关）、接线柱、按钮、插孔等组成。

测量电路的主要作用是把被测的电量转变成适合于表头指示用的电量，例如：将被测的大电流通过分流电阻变换成表头所需的微弱电流；将被测的高电压通过分压电阻变换成表头所需的低电压；将被测的交流电流（电压）通过电流（电压）互感器及整流器变换为表头所需的直流电流（电压）等。因此，测量电路通常由分压电阻、分流电阻、电流或电压互感器、整流器等元件组成。

指示部分（表头）通常由磁电式直流微安表（个别为毫安表）组成，表头刻度盘上刻有多种量程的刻度。表头是万用表的关键部件，很多重要性能（如灵敏度、准确度等级、阻尼、升降变差及指针回零位等）大部分都取决于表头的性能。

万用表的重要性能之一是灵敏度，它代表万用表作电压测量时指针偏转至满刻度值取自被测电路的电流值，一般以其每伏的内阻表示。例如，作100V量程的直流电压测量时，指满度值的电流为50μA，则该万用表的内阻Ri为

$$Ri = \frac{100\,V}{50\,\mu A} = 2\,M\Omega$$

故

$$灵敏度 = \frac{电表内阻}{电压量程} = \frac{2\,M\Omega}{100\,V} = 20000\Omega/V$$

灵敏度愈高，则取用被测电路的电流愈小，对被测电路正常工作状态的影响就愈小。这

一点对于测量高阻抗的电路（如电子管的栅极电路）具有重要意义。

万用表在测量电阻时，需有一个直流电源供给表头使其指针偏转，一般用内附电池作为这种电源。有时为了扩大电阻的量程，还需在高量程电路中另加高电压的电池或外加其他直流电源。

在测量电路是否通路时，只需测定两点间是否有断路故障，而不需明确测定两点间的电阻值，因此在作这种测量时，万用表内串接有一个蜂鸣器，当被测电路电阻小于一定值（一般为1Ω）时，蜂鸣器即发出振动声，以代替表头的指示，根据振动声的有无来判断电路的通断。

1—2 表　头

一、构造及作用原理

如前所述，万用表通常用磁电式仪表作表头。这种表头按其磁系统分为：外磁式和内磁式；按可动部分的支撑方式分为：轴尖宝石支撑和张丝支撑两种。仪表的指示方式一般为指针直读式。

在万用表中最常用的指示器，以往大多是外磁式的轴尖宝石支撑的，它具有灵敏度较高、精确度较高、分度较均匀、消耗功率小等优点。后期发展起来的内磁式仪表和张丝式仪表，与前者相比较，则进一步具有如下一些优点：如内磁式仪表的磁能利用率高，因而可节约磁性材料（节约30～40倍）并缩小体积；张丝式仪表，则灵敏度更高、没有摩擦误差、抗震性强、寿命长等优点。因此，后两种仪表已在新型磁电系仪表中广泛采用。但是，它们也存在一定的缺点：如回零位误差大；张丝的力矩温度系数较大；张丝两端固定较复杂等等。

常用外磁式轴尖宝石支撑式的表头结构见图1—1、图1—2及图1—3。在马蹄形永久磁铁1的两个磁极NS间放有导磁性能很好的材料制成的极掌2，它的圆柱形孔内固定有纯铁制成的圆柱形铁心3。极掌与铁心处于同心位置，两者之间的均匀气隙10中放有活动线圈4。活动线圈通常由绕在铝制框架上的（有的没有框架）铜或铝导线组成，作为被测量的作用零件。在活动线圈的上面固定有轴座5，而轴座上安装有轴尖6，带配重的指针7和游丝8，这样就成了如图1—3所示的仪表的可动部分。仪表的可动部分是由上下轴尖和固定在表架上的宝石轴承11所支撑的，因此在均匀磁场中能灵活地转动。

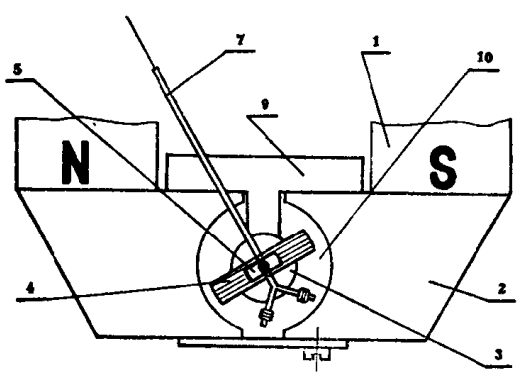


图1—1　带动框的磁电式测量机构

磁电式仪表的简单作用原理如下：当活动线圈中通过电流时，这个电流所产生的电磁场与永久磁铁的磁场相互作用而产生转动力矩M，该力矩M使可动部分旋转。可动部分的转动使得作为控制装置的游丝也扭转一

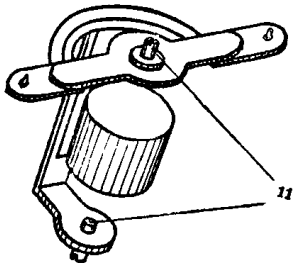


图 1 — 2　带轴承螺钉的表架

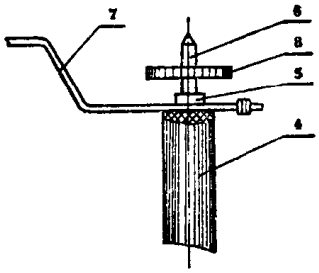


图 1 — 3　仪表可动部分

个角度α，因此产生了反作用力矩M_a。仪表处于平衡状态时，转动力矩M与反作用力矩M_a相等。这时可动部分的偏转角α与通过活动线圈的电流大小成正比。因此，如果仪表的刻度是对应于被测量（如电流、电压、电阻等）刻度的，则仪表的读数就直接反映出被测量的大小。可动部分的全部作用力矩如图 1 — 4 所示。

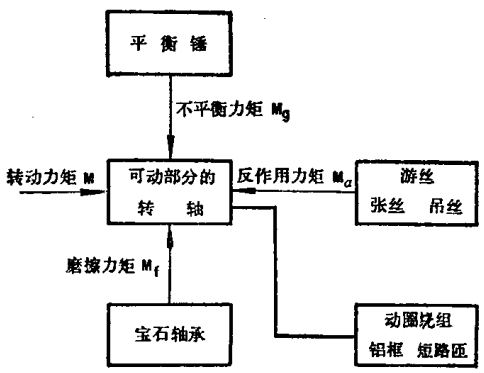


图 1 — 4　作用在可动部分转轴上的力矩

二、转动力矩

通电导线在磁场中受力的大小，与所在磁场的磁感应强度B_0、通过导体的电流 I 以及活动线圈的有效长度 L 成正比。因此，加给活动线圈一侧的作用力为：

$$F = IB_0L\omega$$

而作用于整个活动线圈上的力矩为：

$$M = 2F \cdot \frac{b}{2}$$

$$= IB_0Lb\omega$$

$$= IB_0S\omega \qquad (1-1)$$

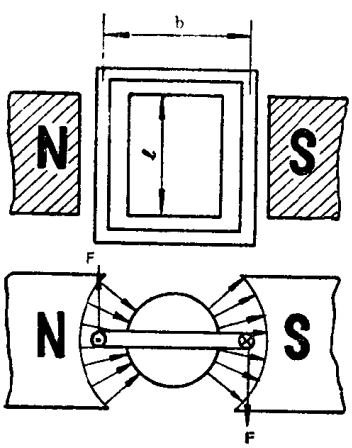


图 1 — 5　动框力矩

式中：I ——流过线圈的电流〔安〕；

B_0——空气隙中的磁感应强度〔韦伯/米²〕；

L ——动圈绕组的有效长度〔米〕；

b——动圈绕组的平均宽度〔米〕；

S ——等于b×L，即动圈绕组有效面积〔米²〕；

ω——动圈绕组匝数〔匝〕；

M——作用力矩〔牛顿·米〕。

由上式可以看出，当磁感应强度B_0、线圈面积S及线圈匝数ω一定时，作用力矩与线圈中通过的电流成正比。

三、反作用力矩

在可动部分受作用力矩而偏转时，游丝（或张丝、吊丝）则产生反作用力矩，其大小可由下式计算：

$$M_a = W\alpha \quad \text{〔克·厘米〕} \qquad (1-2)$$

式中：W——反作用力矩系数〔克·厘米/弧度〕；

α——可动部分的偏转角〔弧度〕。

四、被测值与偏转角的关系

可动部分受作用力矩M的作用而产生偏转，如无反作用力矩M_a，则将一直转至止动位置。这时只能判断被测值的有无，而不能估价被测值的大小。当加以反作用力矩M_a以后，随着偏转角的增大，M_a随之增大，当$M = M_a$时，可动部分即停留在该位置。因此，偏转角的大小与被测值成正比。在平衡状态时联解公式（1—1）和（1—2）得出：

$$\alpha = \frac{B_0 \omega S}{W} I \qquad (1-3)$$

上式中，当B_0、ω、S、W为定值时，偏转角α与通过电流I成正比。

可动部分的偏转角增量$\Delta\alpha$与通过的电流增量ΔI之比值叫做测量机构的电流灵敏度S_I：

$$S_I = \frac{\Delta\alpha}{\Delta I} \qquad (1-4)$$

它表示：仪表在单位被测值的作用下所偏转的角度。

当游丝的反作用力矩与偏转角是线性关系时，磁电式仪表的B_0制成均匀的，则S_I在整个偏转角内是一个常数，因而仪表的刻度就可能保持均匀性，这是磁电式仪表的一个突出优点。S_I的倒数称为仪表的电流常数，用C_I表示：

$$C_I = \frac{\Delta I}{\Delta\alpha} \qquad (1-5)$$

它代表使仪表产生单位偏转角所需的电流值。

五、摩擦力矩

轴承支撑的仪表，由于轴承与轴尖之间的摩擦力而产生摩擦力矩。该力矩永远相反于可动部分的运动方向，力矩的大小与可动部分的重量的1.5次方成正比：

$$M_f = KG^{1.5} \quad \text{〔克·厘米〕} \qquad (1-6)$$

式中：G——可动部分的重量〔克〕；

K——与轴尖、轴承材料的弹性系数，轴尖、轴承曲率半径有关的系数。

六、摩擦误差与品质系数

仪表的摩擦误差，用仪表偏转90°时的摩擦力矩与转动力矩的比值来表示：

$$\gamma_f = \frac{M_f}{M_{90}} = K\frac{G^{1.5}}{M_{90}} \qquad (1-7)$$

而仪表制造过程中，常常用实用品质系数A_m来衡量仪表机械特性的品质好坏。实用品质系数的表达式为：

$$A_m = 10\frac{M_{90}}{G^{1.5}} \qquad (1-8)$$

由上两式可知，A_m愈大，则仪表的摩擦误差γ_f愈小。所以，在维修仪表时，应力求不降低其原有的品质系数。在换游丝时，不应换得过软；在调平衡时，应力争不增加可动部分的重量；在修磨轴尖时，不能为追求减小不回零数值而将轴尖磨得很尖，曲率很小，因为这样会导致寿命缩短，品质系数下降。

根据各型仪表的可动部分重量，偏转90°时的反作用力矩，计算得到的各型仪表的实用品质系数如下表：

仪表型式	可动部分重量 G（克）	偏转90°时的反作用力矩（克·厘米）	仪表实用品质系数 Am
磁电式	2	0.3	0.7—1.2
电动式	3	0.25—0.5	0.45—0.65
电磁式	1.5—2.0	0.15—0.2	0.7—0.8
感应式	12	2.5	0.6
热电式	0.6—1.2	0.1—0.2	1.5—2.0

七、阻尼力矩

仪表由于可动部分的惯性，在偏转时不可能很快的达到平衡位置而稳定下来。为了使仪表可动部分能够很快的稳定在平衡位置，缩短摆动时间，须采用一种能吸收可动部分的动能的装置，这种装置叫做阻尼器。

仪表测量机构的阻尼一般有三种形式，即空气阻尼，电磁阻尼和油阻尼。而在磁电系仪表中往往没有专门的阻尼器，一般都是利用动圈上的铝框或特意绕在动圈上的几匝短路线圈来完成阻尼作用的。其作用原理分别叙述如下：

1.框架阻尼

阻尼力矩M_p与可动部分的角速度ω成正比，因此阻尼力矩公式可写成：

$$M_p = P\omega \qquad (1-9)$$

式中系数P叫做阻尼系数，其大小表明可动部分阻

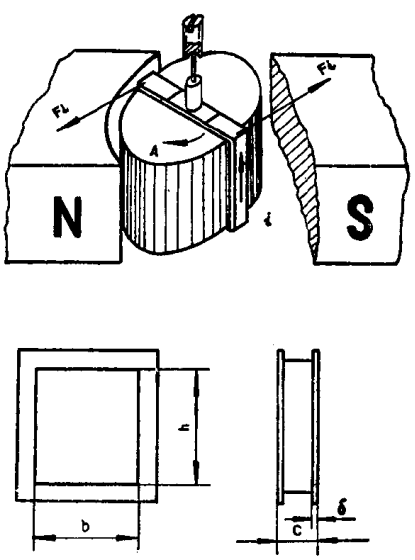


图 1—6　铝框阻尼力矩的产生

1105443

尼的有效程度。

活动线圈有框架的仪表多半是采用铝制框架，当可动部分偏转时铝框在永久磁场中切割磁力线而产生感应电流，这个感应电流产生的电磁力矩永远与可动部分运动的方向相反，因而起到阻尼作用。其动作情况如图 1 — 6 所示。图中A为铝框运动方向，i为感应电流方向，F_i为阻尼作用力方向。

假定框架的阻尼系数为P_k，则

$$P_k = \frac{M_P}{\omega} = \frac{(B_0hb)^2}{r} \times 10^{-9} \text{〔达因・厘米・秒/弧度〕} \qquad (1-10)$$

式中 r 为框架内阻（欧）；B_0为气隙中的磁感强度（高斯）；b、h 为框架的宽度与高度（厘米）。当B_0、b、h等参数一定时，改变铝框内阻 r 即可改变阻尼的大小。例如，在铝框架上钻些小孔，即可增大r，从而减小阻尼。

2.短路线圈阻尼

在活动线圈上绕上几匝短路线圈，同样可起到阻尼作用，短路线圈的阻尼系数P_d为：

$$P_d = \frac{(B_0hb\omega)^2}{R_d} \times 10^{-9} \text{〔达因・厘米・秒/弧度〕} \qquad (1-11)$$

式中 R_d为短路线圈内阻（欧）；ω 为短路线圈的匝数，其他参数与公式（1—10）中相同。

3.动圈绕组本身的阻尼

仪表动圈与被测电路构成一个完整的回路，因此同样有一定的阻尼作用，当被测电路的电阻很小时，尤其是当仪表并联有小电阻的分流器时，这种阻尼作用更为显著。

令动圈绕组本身的阻尼系数为P_0，则：

$$P_0 = \frac{(B_0hb\omega_0)^2}{r_0 + r_1} \times 10^{-9} \text{〔达因・厘米・秒/弧度〕} \qquad (1-12)$$

式中 r_0为动圈绕组的内阻（欧）；r_1为与动圈绕组成闭合回路的外电阻（欧）；ω_0为动圈绕组的匝数；其他参数与公式（1—10）相同。

当仪表同时具备上述三种阻尼时，则总的阻尼系数 P 为：

$$P = P_k + P_d + P_0 \qquad (1-13)$$

可动部分发生偏转而最后达到静止状态的运动轨迹如图 1 — 7 所示。图中α_0为仪表可动部分产生偏转后的最后静止的偏转角。第①条运动轨迹代表欠阻尼的情况，即可动部分的偏转角首先超过α_0，然后在α_0的上下作减幅振荡，逐渐达到α_0。第②条曲线为临界阻尼的情况，即可动部分的运动轨迹始终不超过α_0，而是沿渐近线的轨迹趋近于α_0。第③条曲线代表过阻尼的情况，即阻尼太

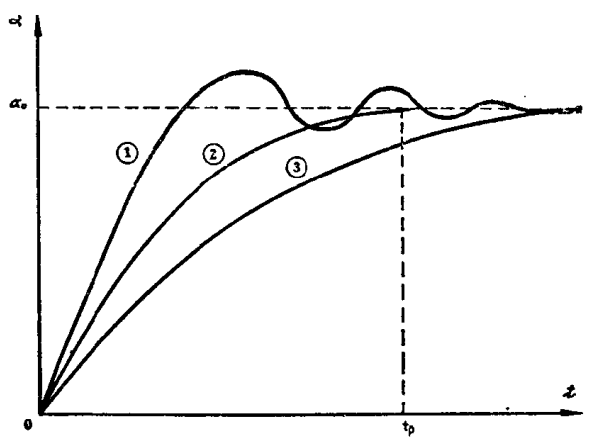


图 1 — 7　在不同阻尼系数下可动部分运动曲线

大，表针走得太慢。

阻尼时间的定义是自被测量开始改变起至仪表指针离最后静止位置不大于标度尺长度1％时为止的这段时间。

我们希望尽可能将仪表调整得接近于临界阻尼状态。

1—3 整 流 器

用磁电式仪表测量交流电时，必须有将交流电变为直流电的变换器，这种变换器叫做整流器。整流器的种类很多，但在万用表中最常用的是氧化铜整流器和锗二极管整流器。

一、整流器的结构

1.氧化亚铜整流器

氧化亚铜整流器是将纯铜片在空气中加热到1000～1100℃，然后在沸腾的水中迅速冷却，这样在铜片表面形成氧化亚铜（Cu_2O），而后将铜片一面的氧化亚铜磨去，保持一面氧化亚铜，在铜与氧化亚铜之间形成很薄的阻挡层。为了接触良好，将铅片紧贴在氧化亚铜面上，同时在铜和铅面各引出引线，以便与仪表连接（图1—8）。

由于铜与氧化亚铜的电子浓度不同，因此电子容易从浓度大的铜到浓度小的氧化亚铜方向移动，或者说电流从氧化亚铜流向铜时电阻小，反之电阻大。从氧化亚铜至铜方向之电阻称为正向电阻，从铜到氧化亚铜方向之电阻称为反向电阻。电流的流向为从铅⟶氧化亚铜⟶阻挡层⟶铜方向的叫做正向电流，其反方向流过的电流为反向电流。正向电流流入的一端叫做正极，另一端叫做负极。正向电流和反向电流之比值或者反向电阻和正向电阻之比值称作整流系数，用K表示：

$$K=\frac{I_{正}}{I_{反}}=\frac{R_{反}}{R_{正}} \qquad (1—14)$$

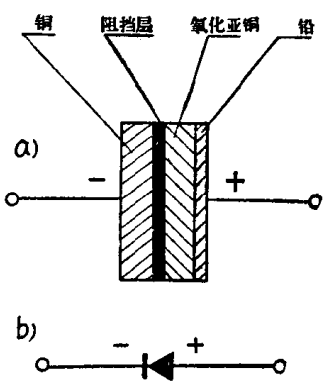


图1—8 (a) 氧化亚铜整流器
(b) 整流器符号

2.锗二极管

图1—9为点接触型锗二极管结构图。它是由一根细的金属丝压在锗晶体薄片上构成的。金属触须的一端上引线伸出外壳，另一端是和锗晶体片接触的焊锡底座，座上焊有引线伸出外壳。正向电流是沿引线（a）⟶触须⟶锗片⟶底座⟶引线（b）方向流通，而与其反向流过的电流为反向电流。从引线（a）到引线（b）方向的电阻为正向电阻，而从引线（b）到引线（a）方向的电阻为反向电阻。

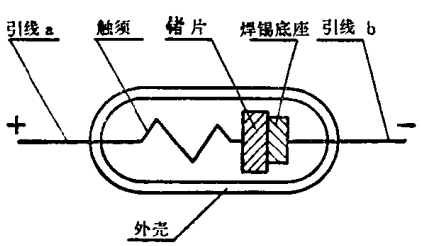


图1—9 点接触锗二极管

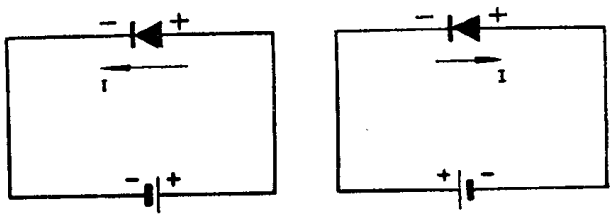
二、半导体整流器的主要特性

1.单向导电性

前面已谈到半导体整流器的反向电阻比正向电阻大很多，因此在同一个电压下，正向电流比反向电流大很多。这样整流器在正向联接时电流容易通过，电流就很大；反向联接时电流很小，几乎等于零。这种整流器具有电流正向易通过而反向不易通过或不能通过的性质叫做单向导电性。

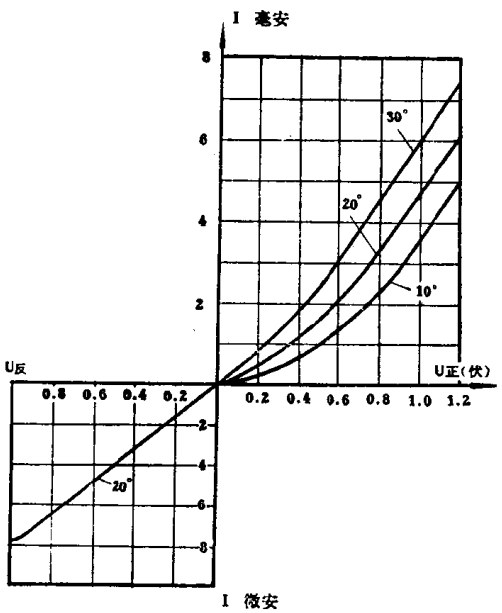
从图 1—11（a）中可以看到，在1伏的电压作用下，正向电流约为 5 毫安（20℃时）。反向电流约为 8 微安。

这时的整流系数应为 625。当然必须指出，整流系数并不是一个常数、而

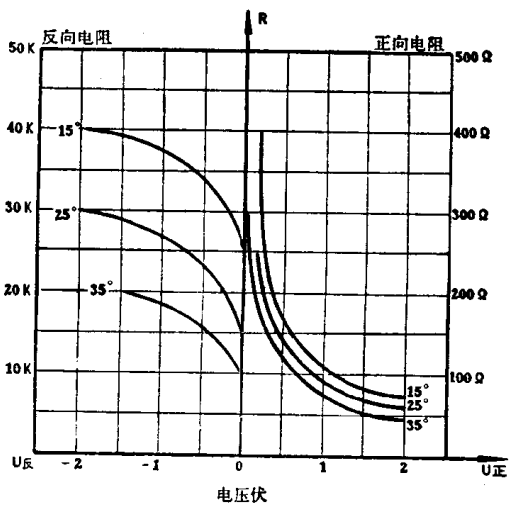


a）正向联接　　b）反向联接

图 1—10　整流器的正反向联接



a）伏安特性曲线



b）U—R 特性曲线

图 1—11　氧化铜整流器特性曲线

是随工作条件的变化而变化的。如在0.6伏时所测的整流系数为400。

2.温度对整流器的影响

半导体整流器受温度影响很大，例如氧化铜整流器的正向电阻，在温度每变化10℃时，约变化10～15%，反向电阻约变化30～40%，从图 1—11（b）可以看出，当温度升高时曲线往下移动，即电阻减小，因此半导体的电阻温度系数是负的温度系数。由于电阻值随温度变化，因此正反向电流也随温度变化，整流系数也随温度变化。氧化铜整流器的允许工作温度为－20℃～＋60℃，锗二极管为－60℃～＋70℃。

由于半导体整流器对温度的稳定性较差，因此引起较大的指示误差。为了减小温度附加误差，必须采取温度补偿措施。

3.氧化铜整流器与锗整流二极管的性能比较

在仪表上所用的整流器功率一般都很小，尤其是万用表表头的灵敏度都很高，因此采用点接触型二极管为好。整流器的工作电压、电流密度要适当。工作电压过高时会被击穿，一般不大于1～1.5伏；电流密度一般为1～5毫安/厘米^2。但电流密度又不能过小，因为电流密度的减小就等于降低了加在整流器两极间的电压，过低的电压使整流系数过低，不利于使用，同时，其伏安特性的直线性变坏，使得交流刻度更不均匀。

氧化亚铜整流器与锗二极管的性能比较见下表。

比较项目	要求	点接触式锗二极管	氧化亚铜整流器
额定电流(mA)	大好	5～50	50～2000
最高反向电压(V)	大好	10～100	9～12
允许电流密度(mA/cm^2)	大好		50
正向压降(V)	小好	≤1	
结电容	小好	≤1 (PF)	10～20(PF/cm^2)
整流效率(%)	高好	98以上	60～70
最高工作频率(MHz)	高好	40～150	
寿命	长好	长	较易老化

三、整流器的联接

根据整流器联接情况不同而在负载上所得的不同波形分为全波整流和半波整流。

如果交流电经整流器之后在指示器或负载中只有单方向半个周期的电流通过，则这种整流器叫做半波整流器；在交流电一周期内正负两半周都有单方向电流通过，那么这种整流器叫做全波整流器。

1.半波整流

最简单的半波整流电路是由负载和一个整流元件串接而成的，如图1—12。但这种整流电路在测量仪表电路中是很少采用的。因为这时仍有少许反向电流流过表头，同时加于整流器两端的反电压可能超过容许值。因此常采用由两个整流二极管组成的半波整流电路，如图1—13。在图1—13（b）中与整流器D_2串联的电阻r，是起平衡两个方向的电流的作用的，在这里r应等于表头的电阻值。

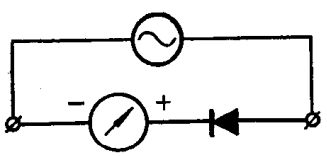


图1—12 最简单的半波整流电路

在图1—13(a)中可以看出，在接线头①与②之间所加的交流电，在正半周，即极性①为正②为负时，电流i_+沿①⟶D_1⟶CB⟶②方向通过，D_2则无电流通过；而在负半周，即②为正①为负时，电流i_-沿②⟶D_2⟶①方向通过，而表头CB中无电流通过，交流电在一个周期中通过表头的波形如图1—14所示。

由于可动部分的惯性的存在，可动部分的偏转角，只能与流过可动线圈的电流平均值I_0

成正比。而当被测量的波形为正弦形时，I_0与电流峰值I_m的关系是：

$$I_0 = \frac{1}{\pi} I_m = 0.318 I_m \qquad (1-15)$$

而被测电路的电流有效值I与峰值I_m的关系是：

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m \qquad (1-16)$$

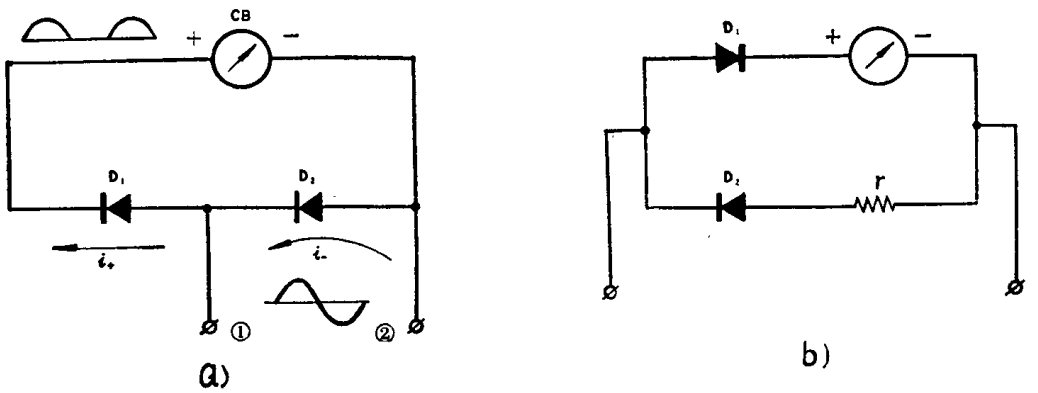


图 1—13　常用的半波整流电路

由公式（1—15）、（1—16）求出：

$$K = \frac{I}{I_0} = \frac{0.707 I_m}{0.318 I_m} = 2.22 \qquad (1-17)$$

或　　$I_0 = 0.45 I$　　(1—17′)

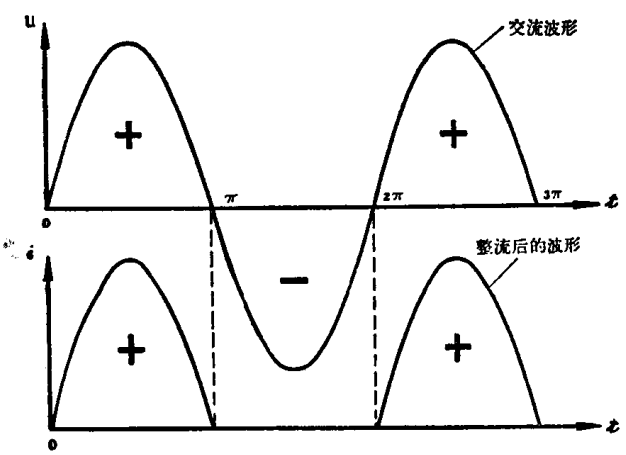


图 1—14　半波整流电路电流波形

K可以称作上述半波整流电路的换算系数，如果表头原来是直流电流的刻度，则乘以换算系数K，即得出被测电路的交流有效值。其电流关系如图 1—15所示。

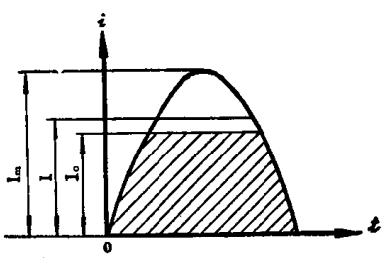


图 1—15

半波整流电路的优点是整流元件少，成本低。但用以测量的是半个周期的电流，因而波形连续性差，整流效率低。

2.全波整流与桥式整流

为了克服半波整流电路的缺点，通常采用全波整流电路。图 1—16所示为几种通常采用

的全波整流电路。它们的共同特点是在正负半周内表头中均有电流流过，因而整流效率高，波形平稳。

图 1 —16(a)是由有中间抽头的变压器B与两个整流器 D_1、D_2 联接成的全波整流电路。

这种电路的特点是由变压器将交直流电路彼此分隔开，因而被测电流电路的工作情况不致畸变；其缺点是由于采用变压器而整个仪表变得笨重、成本高，另外灵敏度也不及桥式整

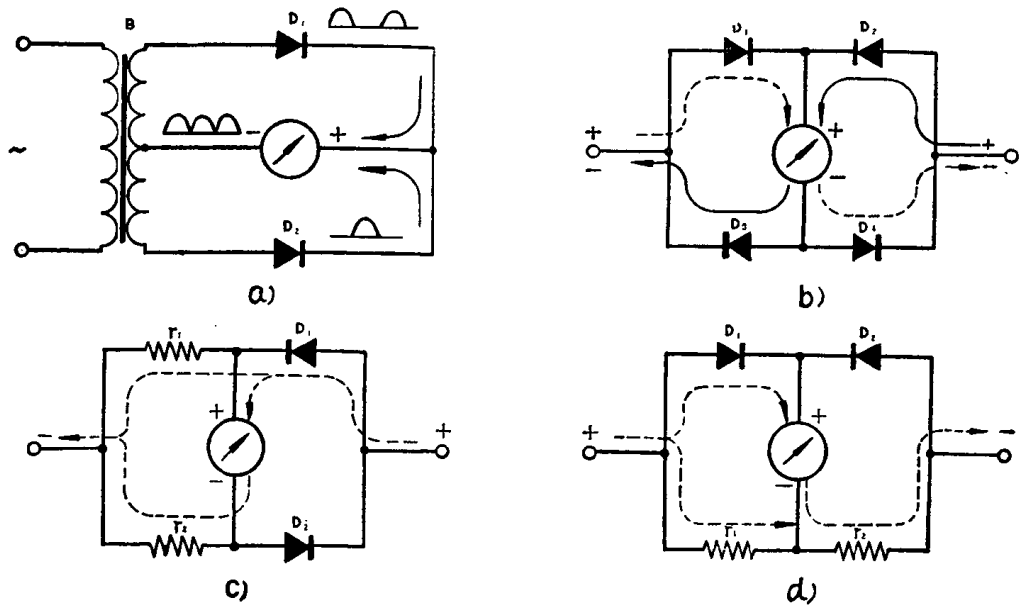


图 1 —16　几种全波及桥式整流电路

流电路高。

图 1 —16(b)是由四个整流二极管联成的桥式整流电路，其外形及符号见图 1 —17。它不存在笨重的缺点，但电路受温度的影响较大。突出的优点是交直流电路可以共用，不必进行转换。

图 1 —16(c)是用两个整流器与两个电阻联成的桥式整流电路。在这种电路中，表头在交流电的正负半周内分别与电阻r_1、r_2串联，因此仪表指示受温度的影响较小，但其灵敏度较低。运用这种电路不能作大电流的安培计，因为全部电流都要经过整流器。

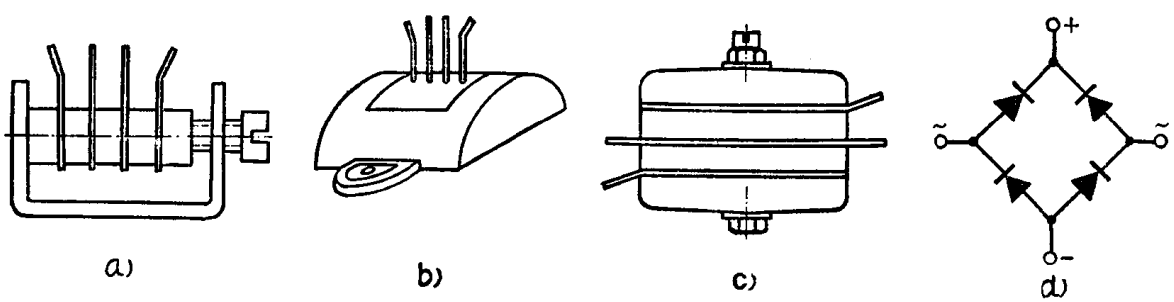


图 1 —17　桥式整流器的外形及符号

图 1 —16(d)的电路，则克服了这种缺点。由于大部分电流均由电阻 r_1、r_2 流过，只有小部分流过整流器，因此可以作大电流的安培计。但在万用表中很少采用上述电路来扩大量

程，这种电路的灵敏度较之用四个整流元件组成的桥式电路低。

全波或桥式整流电路中，流过仪表的电流平均值 I_0 与被测电流的峰值 I_m 的关系（当被测电流波形为正弦波时）为：

$$I_0 = \frac{2}{\pi} I_m = 0.636 I_m \qquad (1—18)$$

而被测电路的电流有效值 I 与峰值 I_m 的关系是：

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m \qquad (1—19)$$

由公式（1—18）、（1—19）求出：

$$K = \frac{I}{I_0} = \frac{0.707 I_m}{0.636 I_m} = 1.11 \qquad (1—20)$$

或

$$I_0 = 0.9 I \qquad (1—20')$$

比较公式（1—17′）、（1—20′），可以看出，通过仪表的电流，全波比半波增大一倍，因而应用较广。

当用直流表头通过全波整流测定交流有效值时，刻度盘应乘以1.11的换算系数。

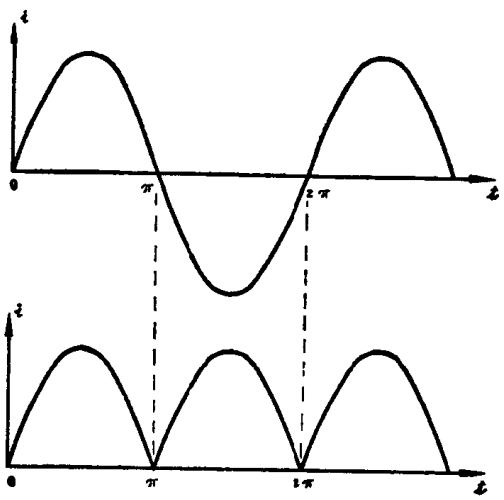


图 1—18　全波整流波形

1—4　电流互感器

电流互感器也叫变流器，它将被测量的大的交流电流转化为仪表能直接测量的小电流。在整流式仪表中，多用电流互感器来扩大交流电流的测量范围。

用电流互感器测量大电流，可减小功率损耗，扩大仪表量程，同时其测量准确度一般比用分流器的要高，但存在制造成本高、笨重等缺点。

一、互感器的主要组成部分

1.铁　心

互感器铁心是用高导磁率材料做成的。如含硅量 4 %的硅钢，或各种镍合金钢，如镍钴合金钢、坡莫合金等。为了减少涡流损耗，铁心一般采用厚度为0.35毫米或0.5毫米、表面

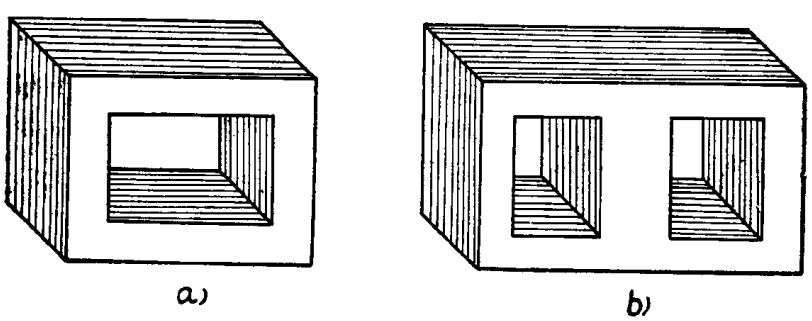


图　1—19

有良好绝缘的很多片迭成口字型、日字型、或其它形状的铁心。图 1 —19表示口字型和日字型铁心。口字型铁心是用Π型和 I 型钢片，日字型铁心，是用 E 字型和 I 字型或者其它各种形状的钢片交迭而成的，如图 1 —20。

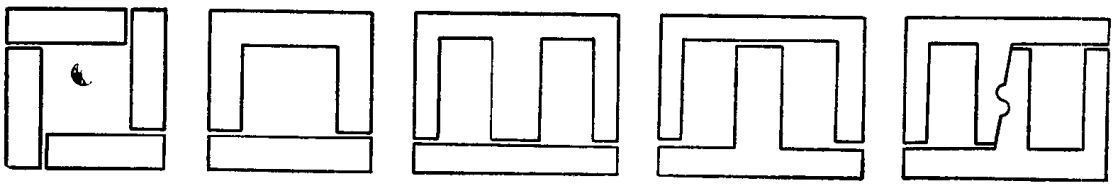


图 1 —20　几种口字型、日字型铁心的组成

2.绕　　组

互感器的绕组（也叫线圈）分为初级绕组和次级绕组二部分。初、次级绕组可以分别绕在铁心的两个柱上，但常常绕在一个柱上（如图 1 —21）。

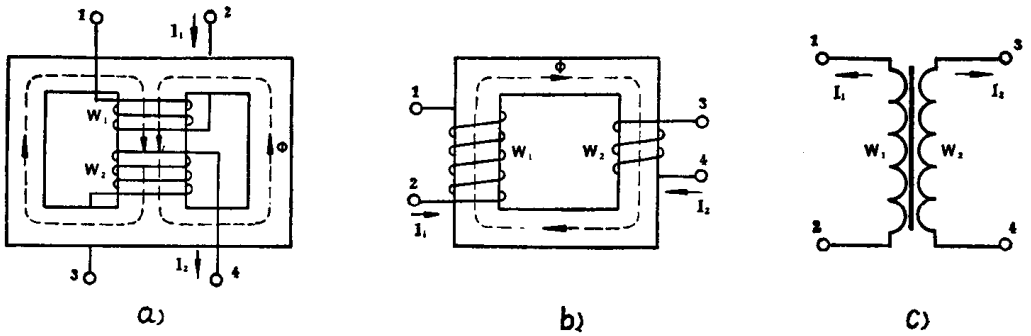


图 1 —21　互感器的构成原理

初级绕组（引线头 1 — 2 ）是与电源或被测电流的电路串联，而次级绕组(引线头3—4)则与负载或测量机构相联，如图 1 —22。

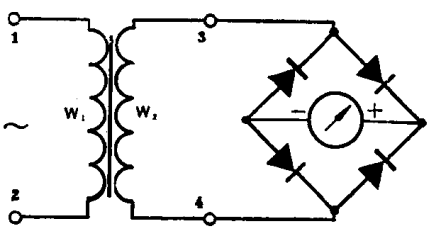


图 1 —22　电流互感器的连接

电流互感器的初级绕组与次级绕组通常是绕在用电工钢纸做的或其它绝缘材料制成的骨架上，一般先绕次级绕组，然后将初级绕组紧绕在次级绕组上。同时，初、次级绕组之间用绝缘纸或绝缘绸隔开，绕好后再进行浸漆，以加强绝缘和机械强度。绕组线圈一般用漆包铜线或用沙包铜线绕制，导线的粗细，绝缘物的厚薄等均根据具体的互感器使用情况和要求而定。

二、电流互感器的工作原理

互感器的工作原理和变压器的工作原理是完全相同的。现在，以图 1 —23所示的电路为例，说明其工作原理。在空载下，外加电压 U_1 在初级绕 组中引起的电流I_1所产生的磁通 ϕ 穿过铁心形成闭合回路，同时穿过互感器初级（W_1）、次级（W_2）绕组。该交变磁通在初、次级绕组中产生感应电势，

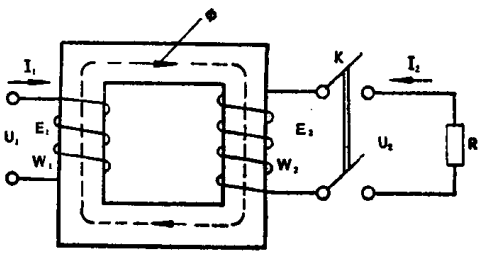


图 1 —23　互感器工作原理

其有效值等于：

$$E_1 = 4.44fW_1\phi_M$$

$$E_2 = 4.44fW_2\phi_M$$

由以上两式得出：

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \qquad (1—21)$$

在空载时 $E_2 = U_2$，因空载电流很小，所以 $U_1 \approx E_1$

故得：

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_1}{U_2} \qquad (1—22)$$

当接上负载时，在 E_2 的作用下，次级绕组中有电流 I_2 并产生磁通 ϕ'。根据楞次定律，这个磁通总是阻碍磁通 ϕ 的变化，因此起着减磁作用。由于 ϕ 的减小，初级线圈中的自感反电动势也减小，故其初级电流就增加。

另外，从能量不灭的角度来考虑时，如果略去变流器本身的功率消耗，那么变流器的输出功率 $E_2 I_2$ 应等于其输入功率 $E_1 I_1$，即

$$E_2 I_2 = E_1 I_1 ,$$

即

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{E_2}{E_1} \qquad (1—23)$$

根据式（1—21），可得

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{W_2}{W_1} \qquad (1—24)$$

从上式可知，互感器初、次级绕组的电流比值，与初、次级绕组线圈之匝数约成反比。

令 $\frac{W_2}{W_1} = K_1$ 为变流系数 则：

$$I_1 = K_1 \cdot I_2 \qquad (1—25)$$

电流互感器一般有 $W_2 \gg W_1$，$K_1 \gg 1$，故可用小测量范围的电流表测量大电流。

还有一种自耦变压器式的互感器，其原理电路如图 1—24所示。这种互感器的工作原理与普通互感器相似，而且计算公式也相同，只是用一个绕组的一部分作为另一个绕组。当互感器与负载连接时，在次级绕组 W_2 中的电流 I_2 与初级绕组电流 I_1有180° 的相位差，因此在绕组的公用段a-b 之间的总电流为电流 I_1 与I_2 之差。由于 a-b 段的电流小，所以铜耗也小，另一方面，可以采用较小截面的铜导线以节省材料。如果 W_1与W_2 很接近时，其优点更为突出。

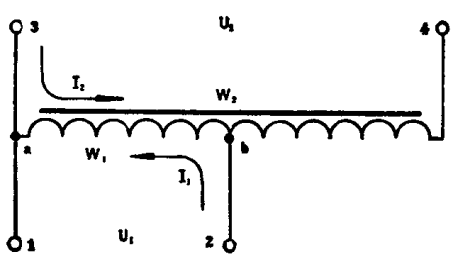


图 1—24 自耦变压器式互感器原理图

在求出公式（1—24）时，首先假定I_0较小。如果由于铁心材料不好或片间绝缘不好，涡流损耗增大，引起 I_0 增大，会给互感器造成换流误差。因此，在维修中须特别注意铁心的片间绝缘。而且不允许用性能较差的材料代替较好的材料。

铁心材料的好坏，也直接影响到仪表允许工作的频率范围，这是因为：随着频率的增高，铁心的涡流损耗也随之增加。

在使用电流互感器时，应特别注意在任何时候决不允许在次级绕组开路的情况下对初级绕组通以电流。这是因为 $W_2 \gg W_1$，当次级绕组开路时，即使初级绕组电压很低也会产生很高的次级绕组感应电势，造成线圈间击穿而损坏，有时还会造成危险。以图 1—22为例，如果表头开路，整流桥两交流端处于高电压下就会造成整流器被击穿的后果。

1—5 蜂 鸣 器

万用表中的蜂鸣器，实际上就是一个断续继电器，是用来检查电气线路的短路和断路情况的一种装置。用声音的有无来判断电路的通断有时是很方便的。

蜂鸣器的结构如图 1—25所示，在该图中与铁心 6 相结合的骨架上绕有线圈 7，紧固在用软铁片制成的支架 8 上。同时将弹片 4—5、上接触片 2 和焊片10也用螺钉11固定在支架 8 上。螺钉11与件 2、10是相互绝缘的。这样就形成了磁回路（6—8—9—4—5—气隙）和电回路（10—7—8—9—4—3—2），而电池的两端与10、2 相联接。

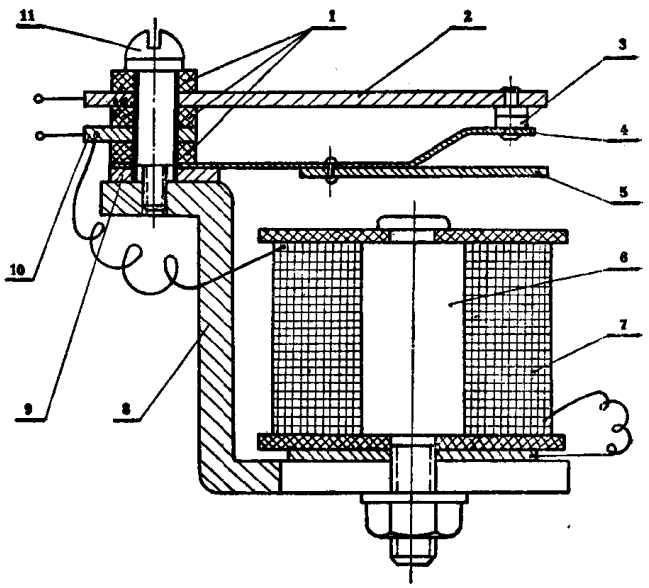


图 1—25

蜂鸣器的工作原理如下（见图 1—26）：当AB（万用表中表笔）两端短接或接入小于 1 欧的小电阻时，在线圈 7 中就有大于继电器的吸动电流的电流 I，这个电流产生的磁力吸动铁片 5，这样弹片弯曲，接点 3 分离，电回路就断开，电磁力就消失，弹片马上恢复原来位置，接点又接触，这样又回到原来的通路状态。这样的过程重复，使弹片不断地振动，而发出声音，以表示电路是通的或者是短路的。

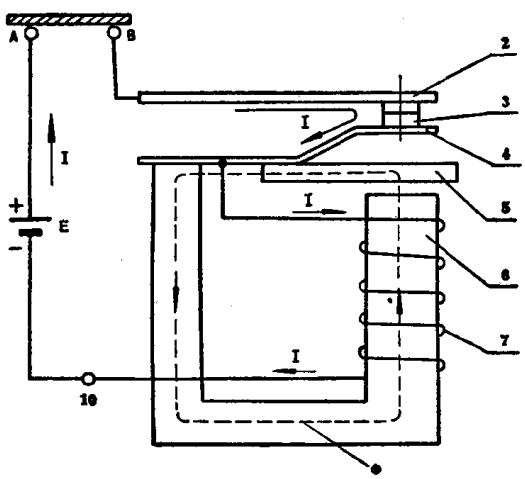


图 1—26

如果电路是断路的或被检查的电路电阻约大于 1 欧以上的阻值时，则在线圈 7 中无电流或流过的电流小于继电器的吸动电流，因此继电器就不工作，即无声响。

蜂鸣器所发出的声音的大小和音色与很多因素有关，如电池电压的高低和能量的充足与否，弹片

材料的弹性系数和尺寸，电磁力的大小，电磁铁与弹片的相对位置，接点的接触情况以及固定蜂鸣器的机座哄鸣情况等。

1—6 直流电流的测量

一、小电流的测量

磁电式表头能直接测量直流电流，但能够容许通过的电流是有限的，一般最大不超过200～300mA，通常是不大于20～50mA。

这种电流表（图1—27）的总内阻$r_0=r_d+2r_w$（r_d—动圈内阻，r_w—游丝电阻）虽然随温度的变化而变化，但由于没有支路能使电流的分配发生变化，因而测量机构的电流保持不变。所以这种电流表没有测量机构的阻值r_0变化所引起的指示误差。当然，由于磁路系统和游丝相互补偿后剩余温度误差是存在的，但其值很小（每10℃变化约等于0.1%），因此对低等级仪表来说可以忽略不计。

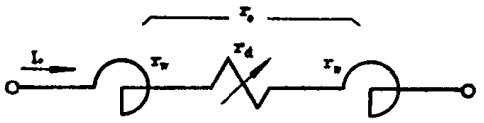


图1—27 最简单的电流表

二、扩大测量范围

测量较大电流的安培表，需与测量机构并联一个分流电阻，如图1—28所示。这样，被测电流I_x的一部分或大部分将通过分流电阻r，而小部分电流I_0通过测量机构。分流电流的大小与r的大小成反比，因此改变r的大小，就能改变仪表的测量范围，而仪表是按被测电流$I_X=I+I_0$划刻度的，所以，它能够测量大电流，扩大了测量范围。这个分流电阻r通常叫做分流器。

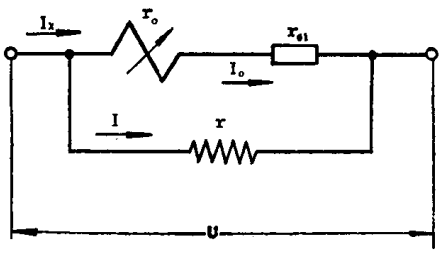
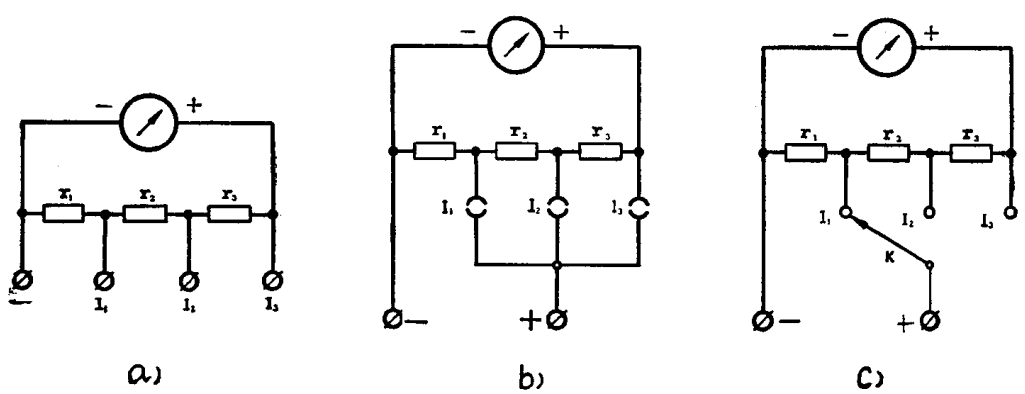


图1—28 带分流器的单量程电流表电路

分流器可以分为内附分流器和外附分流器两种。外附分流器又分为两种：专用的和定值



a) b) c)

图1—29 闭路式分流器

分流器。内附分流器的量程在几十安培以下，一般不超过100安培。分流器可以是单量程的，也可以是多量程的。最常用的多量程分流器是闭路式分流器。所谓闭路式分流器，是指在转换过程中基本分流器不断开表头的电路，根据其转换方式又可分为：端钮式（如图1—29(a)），插头式（如图1—29(b)）和转换开关式（如图1—29(c)）三种。

这种分流器的优点是：与仪表测量机构形成闭合回路的电阻值不随量程的改变而变化，因此仪表的阻尼时间是不变的；其次，由于量程转换方式引起的接触电阻与分流电阻的阻值无关，只串联在电路中，所以引起的误差极小。但其中某一电阻的变化，不同程度的影响各个量程，因此调整误差时带来一定的困难，一般要经过几次反复才能将各量程的阻值调好。在万用表中大都采用这种分流器。

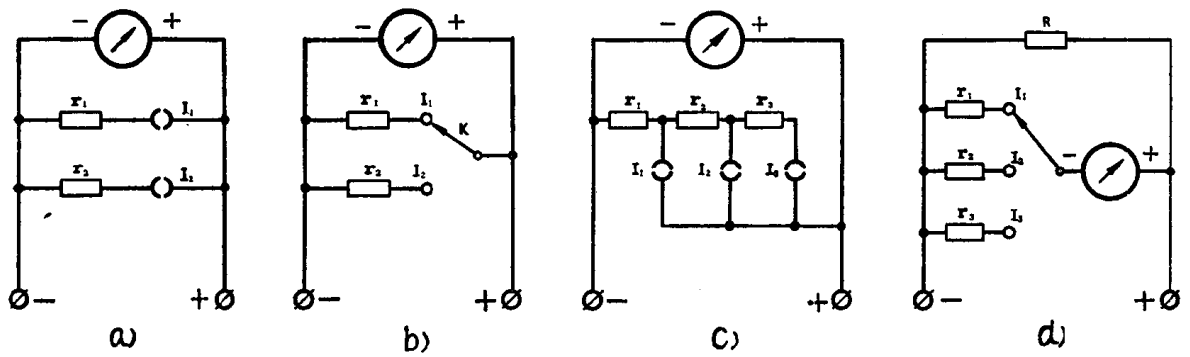


图1—30　开路式分流器

图1—30(a)、(b)中各量程具有单独的分流电阻，因此各量程互不影响，调整方便，但仪表的温度误差和阻尼时间随各量程分流电阻值的改变而变化。同时，由于转换装置的接触电阻包括在测量电路之内，所以仪表误差不稳定。因此，这种电路除精度较低的仪表外是很少用的。图(c)的电路与(a)、(b)相似，不同之处是小电阻r_1的变化影响电流I_2、I_3，r_1、r_2的变化影响I_3。因此，这种电路的调整程序先是r_1，然后是r_2、r_3。

图1—30(d)中，分流电阻R不变，而利用改变与测量机构串联的附加电阻r_1、r_2、r_3的方法来扩大量程。该电路的特点是：转换装置的接触电阻影响不大；量程的改变对测量电路电阻的影响不大。但随附加电阻的增加，消耗功率也就增加，温度误差和阻尼时间随量程的改变而变化。此种电路应用较少。

三、分流器的计算

在图1—28中，附加电阻r_{01}与分流电阻r往往用电阻温度系数很小的锰铜材料制成，它的温度系数每1℃不超过0.001～0.003%。因此，可以认为其值实际上接近于零。电阻r_{01}是作温度补偿用的，其值可由下式计算：

$$r_{01} \geqslant \frac{\beta_0 - K_t}{K_t} r_0 \qquad (1—26)$$

式中：β_0——是动圈与游丝的综合电阻温度系数，一般可按4%计算（温度每变化10℃时）；

r_0——动圈与游丝的电阻之和；

K_t——仪表每变化10℃所容许温度附加误差。

分流电阻按下式计算：

$$r = \frac{(r_0 + r_{01})I_0}{I_x - I_0} = \frac{r_0 + r_{01}}{n-1} \qquad (1-27)$$

式中 $n = \frac{I_x}{I_0}$，n——叫做分流系数。

各量程具有单独分流电阻的分流器电阻，均按式1—27计算。闭路式分流器（以图1—31为例）各量程分流电阻可以按如下三个步骤计算：

1. 计算总的分流电阻R_4

由公式（1—27）求出

$$R_4 = \frac{r_i I_0}{I_4 - I_0}$$

式中r_i为动圈支路的总电阻，即动圈电阻、游丝电阻和附加电阻之和。

2. 计算各量程的分流电阻R_1、R_2、R_3

根据推导，有如下关系式：

$$I_1R_1 = I_2R_2 = I_3R_3 = I_4R_4 \qquad (1-28)$$

由此可得：

$$R_3 = \frac{I_4R_4}{I_3};$$

$$R_2 = \frac{I_4R_4}{I_2};$$

$$R_1 = \frac{I_4R_4}{I_1};$$

3. 求各量程间的分段电阻r_1、r_2、r_3、r_4

$r_1 = R_1$；　　$r_2 = R_2 - r_1$；

$r_3 = R_3 - R_2$；　　$r_4 = R_4 - R_3$。

另外，可以用一个通用的公式直接算出r，但算式比较复杂，这里不作介绍。

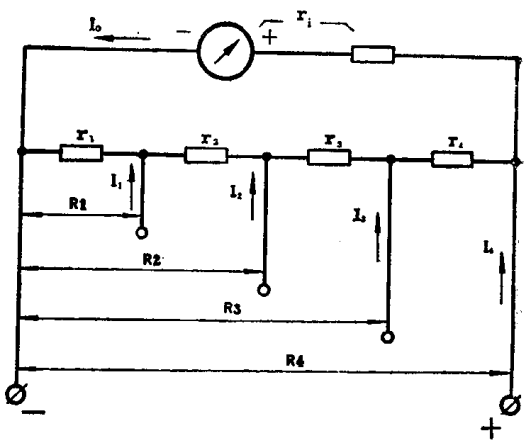


图1—31

作为电流表使用，希望电表两端的端压降尽量小，以免破坏被测电路的工作状态。但是由于进行温度补偿和保证一定的灵敏度，电路电阻又不可能作得太小。从外附分流器的角度来考虑，希望电流表的端压降在各量程尽量保持一定。以前述的闭路式和开路式两种分流器而论，开路式的图1—30(a)、(b)、(c)的电路在这一点上优点比较明显，因为在不同的量程时，满量程的端压降可以保持定值。而闭路式的图1—29的电路，在不同量程其端压降是变化的，而且量程愈大，则端压降愈高，因为这时表头支路内的串联电阻的阻值愈大。这是闭路式分流器很大的一个缺点。因为大电流的被测电路，对串接到电路内的电表压降要求愈小，如压降过大，则被测值比未接入电表时的实际电流值要小得多。

1—7　直流电压的测量

一、小量程电压的测量

万用表中，电压测量电路的基础仍然是电流测量电路。以图 1—27的电路为例，它本身既是电流表，又可以看成是一个电压表，因为当电阻值r_0一定时，使电表指示满偏转的电压也就是一个定值，因此可以作电压表使用。但是，作万用表使用的表头端压降一般只十几毫伏至上百毫伏之间，如不加任何措施，则只能作为毫伏表用。这种简单电路，由于一般铜线的电阻温度系数很大（约0.4%/℃），因而温度附加误差较大，不符合实际需要，往往需要串联温度补偿电阻或者把动圈改用锰铜合金线绕制。当表的灵敏度一定时，量程愈大，则允许串联的温度补偿电阻值愈高，则电压表的温度附加误差愈小。量程一定时，表头灵敏度愈高，允许串联的温度补偿电阻值愈高。

二、量程的扩大

扩大电压表的测量范围，通常采用与电表串联电阻的方法，这种串入的附加电阻，叫做倍压器（或称倍率器）。倍压电阻可以是内附的，也可以是外附的，而外附倍压器可以是定值的，也可以是专用的。倍压器的误差直接影响仪表的误差。因此，高精度仪表通常将电阻线圈绕好后进行稳定处理；在精度较低的仪表中，可以采用炭膜电阻。万用表电路一般除小量程用线绕电阻外大部分是炭膜电阻或金属膜电阻作为附加电阻的。

电压表的连接电路通常有三种型式，如图 1—32所示。其中图(a)每一量程的倍压电阻都是独立的，因而调整误差时互不影响。图(b)中大量程利用了小量程的电阻，因而误差互相影响，但使用的电阻的总阻值较小，在采用锰铜电阻时，经济效果更为明显。图(c)为复合式电路，(a)、(b)两种方式混用。

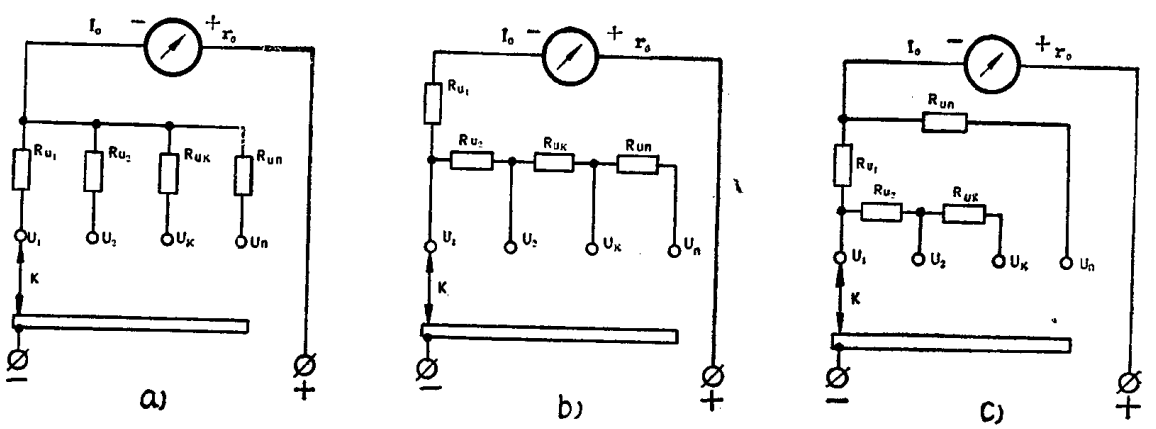


图 1—32　多量程电压电路

三、倍压电阻的计算

假定图 1 —32中表头的满偏转电流为I_0，内阻为r_0，则满偏转时端压降为I_0r_0。其中I_0代表电压表的灵敏度，在万用表中一般在 50 μA～1mA 之间。用每伏欧姆数来表示，则在1KΩ/V～20KΩ/V之间。当灵敏度与量程确定后，则该量程电压的总电阻即已一定。以图 1—32(a)为例，对于量程U_K，其总阻 r_{UK} 可按下式确定。

$$r_{UK} = \frac{U_K}{I_0} \tag{1—29}$$

电压表总阻r_{UK}减去表头内阻r_0，即为该量程之倍压电阻R_{UK}：

$$R_{UK} = r_{UK} - r_0 = \frac{U_K}{I_0} - r_0 \tag{1—30}$$

对于图 1 —32(b)的电路，

$$R_{U1} = \frac{U_1}{I_0} - r_0 \tag{1—31}$$

$$R_{UK} = \frac{U_K - U_2}{I_0} \tag{1—32}$$

公式（1 —32）的来源是：在附加电阻R_{UK}上的压降 I_0R_{UK} 应等于量程U_K与上一量程U之差值。

对于图 1 —32(c)电路，则可结合公式（1 —29）～（1 —32）灵活运用。

在实际使用中，表头往往并联有分流电阻，即如图 1 —28所示电路。此时，计算倍压电阻时，应以Ix代替上述公式中的I_0，并且用加入分流电阻后的总并联电阻来代替上述公式中的r_0，也就是说总并联电阻等于r_0与r_{01}串联然后再与r 并联。

表头电路采用图 1 —28的电路后，显然电压表的灵敏度 Ix，必然低于表头的满度电流I_0。这样一来，当温度变化时，会引起I_0与I电流分配比例的变化，从而造成电压表的温度附加误差。从另一角度来看，经过适当选择r_{01}、r的阻值，可以创造更好的温度补偿条件，使并联后的总阻值基本上不随温度而变。更重要的是：无限提高电压表的灵敏度并不一定是适当的，因为灵敏度太高，附加电阻的阻值很大，这样对电路的绝缘要求过严，在工艺上是不可取的。

利用选配不同的分流电阻r的数值，即可改变电压表的量程，在有些万用表中，往往采用这一原理来实现量程扩展（× 2）或缩小（÷ 2）的。

1—8 交流电流的测量

前已指出，磁电式仪表只能测量直流电流或电压，如需测量交流，则必需采用一个交直流变换装置。万用表最常用的交直流变换装置就是 1 — 3 节中所述的整流器。在该节中并介绍了整流器的各种接法（半波、全波与桥式）以及不同电路中整流后平均直流I_0与被测电流有效值I的关系〔公式（1 —17）及（1 — 20）〕，现在对具体的测量电路介绍如下：

一、小电流的测量

如被测电流较小，则可直接对被测电流进行整流，然后由直流电流表进行指示。常用电路如图 1—33所示。

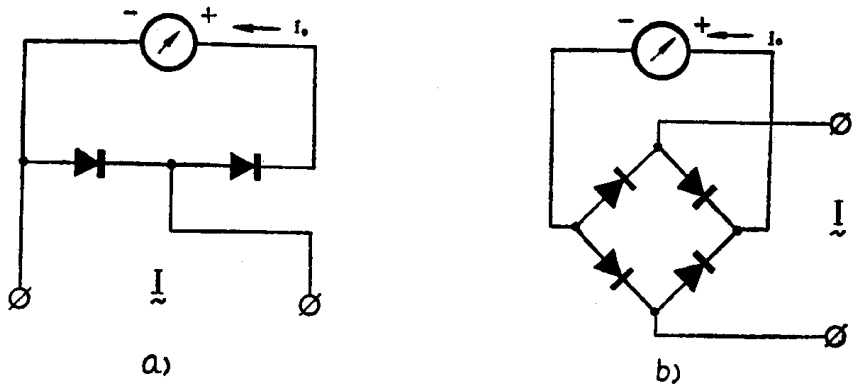


图 1—33　整流式交流电流表电路

对于其中的图(a)电路：

$$I_0 = 0.45I$$

对于其中的图(b)电路：

$$I_0 = 0.9I$$

在进行仪表画刻度时，应按上述关系进行折算。

二、分流电阻法扩大量程

多量程的交流电流测量，则必须对被测电流进行分流。分流的方式一般分为两种。一种是在整流前先分流然后整流，这样流过整流元件的电流较小。另一种是先整流然后分流，这样被测电流全部通过整流元件，其量程受到整流元件容许电流的限制，因而较少采用。

常用的分流电阻法扩大量程的电路如图 1—34所示。这种电路的端压降随量程改变，同时由于整流器的接入，使电路的压降增大。

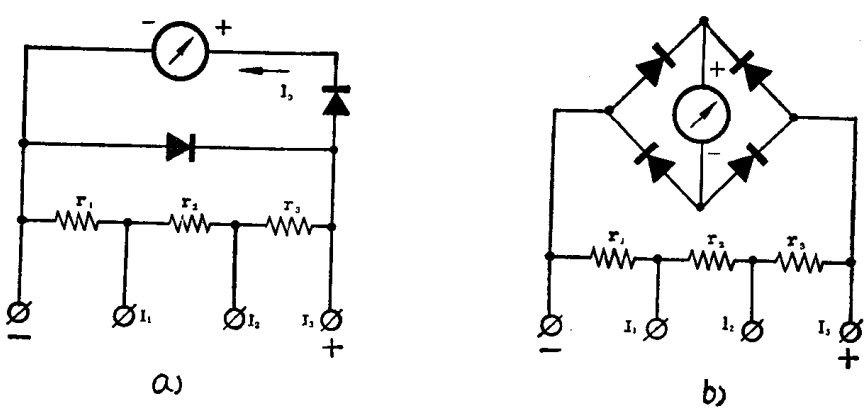


图 1—34　用分流器扩大量程的整流式电流表

三、用电流互感器扩大量程

为了克服分流器电路的缺点，不少万用表中采用电流互感器来扩大量程，常用电路如图1—35所示。

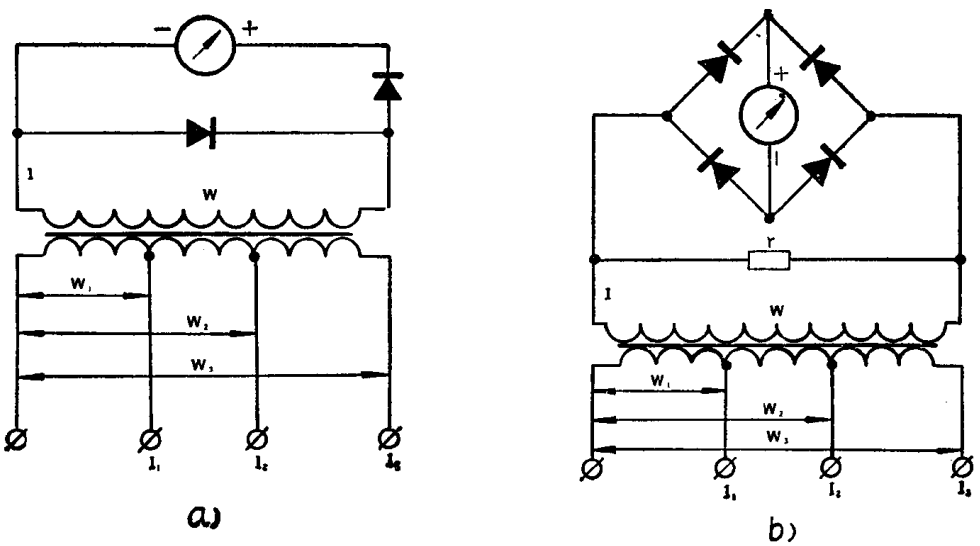


图1—35　用电流互感器扩大量程的整流式电流表

这种电路的优点是功率损耗小，同时能使整流器获得最佳的工作电压，因此刻度的直线性易于实现。

在互感器的初级绕组中引出不同抽头，即可改变量程，抽头的原则是保持总的安匝数不变，即

$$IW = I_1W_1 = I_2W_2 = I_3W_3\cdots\cdots \qquad (1—33)$$

也就是说，测量大电流时，则对应的匝数小，始终保持安与匝的乘积为定值。这种电路的特点是次级测量电路的工作状态始终不变。通常IW取5～10的值。

四、整流式仪表的特点

整流式仪表总的来说，有灵敏度高、本身消耗功率小、读数比较不受频率影响等优点。但由于整流器的性能对温度的敏感性、随时间而不恒定等原因，会引起仪表的误差。同时由于整流器的伏安特性的非直线性，使仪表整个刻度范围，其灵敏度不是常数，即仪表刻度为不均匀刻度。经特殊的温度和频率补偿的整流式仪表虽能消除一些误差，但不能十分完善。因此，整流式仪表的等级一般都低于1.5%。

至于分流器的计算则与直流时相同，在此不再重述。然而除了须将被测电流的有效值换算成平均值（$I_{0半波}\approx0.45I$，$I_{0全波}\approx0.9I$）以外，在这里还应考虑到反向电流的影响，在半波整流时其换算系数一般在42～45%；在全波整流时，在83～90%内。此值与工作条件和整流器本身的质量有关。因此有必要留一个可调节元件或者用试验方法确定出其实际整流系数，以保证计算的准确性。

1—9　交流电压的测量

整流式交流电压表常用如图 1—36所示的电路。其工作原理与直流电压表相似，不同点是将交流整流后进行测量。倍压器的计算原理与直流也相同，但应把交流有效值换算成为直流的平均值。

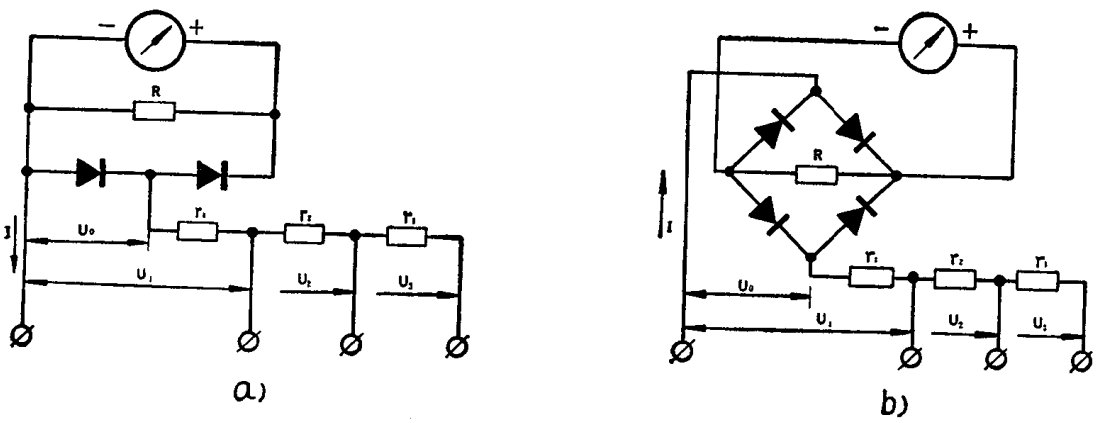


图 1—36　整流式交流电压表电路

这种电路倍压电阻的计算方法可以按下述步骤进行：

（1）用计算方法或实测方法求出使电表满偏转时加给整流器输入端的电流有效值I；

（2）用计算方法或实测方法求出使电表满偏转时加给整流器输入端的电压有效值 U_0；

（3）按下式计算各倍压电阻的阻值：

$$r_1 = \frac{U_1 - U_0}{I} \qquad (1-34)$$

$$r_2 = \frac{U_2 - U_1}{I} \qquad (1-35)$$

$$r_3 = \frac{U_3 - U_2}{I} \qquad (1-36)$$

在图 1—36中电阻R是表头分流电阻，在一般情况下作调整电路灵敏度用，有时改变它的阻值来扩大量程。当然这样一来整流器通过的电流增大。由于电压表的工作电流较小，这种方法是允许的。

1—10　电 阻 的 测 量

电阻的测量是基于欧姆定律来进行的。测量电阻的方式往往由量程来决定。大电阻的测量，通常采用被测电阻与电表串联的方式；小电阻的测量，通常采用被测电阻与电表并联的方式。

一、被测电阻与电表串联的欧姆表

图 1 —37所示为这种欧姆表的原理电路。在该电路中，被测电阻 r_x与指示器内阻 r 和辅助电源E互相串联。

在该电路中，流过电表的电流为

$$I = \frac{E}{r + r_X} \qquad (1—37)$$

现在分三种情况来分析该电路：

当 $r_X = 0$ 时（被测电阻短路，即开关K置于位置 1），回路中电流最大，电表偏转也最大。这时

$$I = I_M = \frac{E}{r} \qquad (1—38)$$

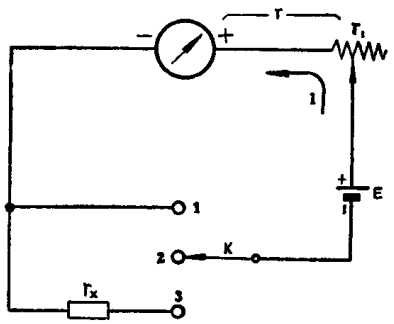


图 1 —37　被测电阻与电表串联联接的欧姆表

为了使I_M刚好等于电表的全偏转电流I_0，可用可变电阻r_1进行调节。当$I_M = I_0$时，该点即被定为欧姆表的零值刻度。

当$r_X = \infty$时（K置于位置 2），电路处于开路状态，因此回路电流等于零，仪表没有偏转，这个点定为欧姆无穷大（∞）刻度。当电阻r_X值从零到无穷大范围内变化时，指针的偏转角也在 0 ～∞刻度范围内变化。欧姆刻度与电流刻度是相反的，就是说，电流最大刻度点与欧姆零点对应，而电流的零刻度与欧姆无穷大刻度相对应，即为反向刻度。

如果，$r_X = r = r_T$

$$则\ I = \frac{E}{2r} = \frac{1}{2}I_0 \qquad (1—39)$$

r_T为欧姆表的中心值，即仪表指示$\frac{1}{2}$刻度点时的数值。由上述可知，欧姆刻度的中心值就等于欧姆表在该量程上的综合内阻。因此，欧姆量程的设计都以中间刻度为标准，然后分别求出相当于各个被测电阻r_X的刻度值。

被测电阻与电表串联的测量电路，多采用于量程较大的欧姆表中。测量时，先把被测端短路，用欧姆调零电阻（r_1）调准欧姆零位，然后接入被测电阻，并读取欧姆值。

二、量程的扩大

如前所述，欧姆表的刻度是从零值到无穷大，按理说一个量程已包括全部电阻值，但实际情况并非如此。从公式（1 —37）可以看出 I 与r_X成非线性关系。当$r_X \gg r$时 I 基本上不随r_x的变化而变化。只有在被测电阻r_x在$10r_T$～$0.1r_T$范围内时〔参考公式（1 —39）〕测量才较准确。例如，当$r_T = 12K\Omega$时，则其有效刻度部分为120KΩ～1.2KΩ，当r_X大于120KΩ或小于1.2KΩ时，由于刻度的非线性影响，使表头指针位置无法正确地读出，造成很大读数误差。因此，欧姆表一般规定其刻度全长的10～90%的范围内为其有效工作刻度。由此得出的结论是一个量程不可能满足各种电阻值的测量。

根据欧姆表的基本公式（1 —37），要改变量程，就必须改变使表头产生$\frac{1}{2}$满刻度偏转

的电阻r_T。为了使欧姆表在各量程能共用一个电阻刻度线，一般都以标准档R为基础，采用10的整倍数来扩大量程，如R×1、R×10、R×100、R×1000等。

在标准档时，如电池电压为E，电表的总内阻为$r=r_T$，则被测电阻短路时产生的满偏转电流为

$$I_T=\frac{E}{r_T}\text{或}r_T=\frac{E}{I_T} \qquad (1-40)$$

由此可以看出增加E10倍，r_T增大10倍；减小I_T至$\frac{1}{10}$，r_T也可以增大10倍。

在实际运用中，有用改变E的方法，有用改变I_T的方法，也有用E与I_T同时改变的方法。

图1—38所示为用改变I_T的方法扩大量程的实用电路。图1—39为改变E的方法扩大量程的实用电路。

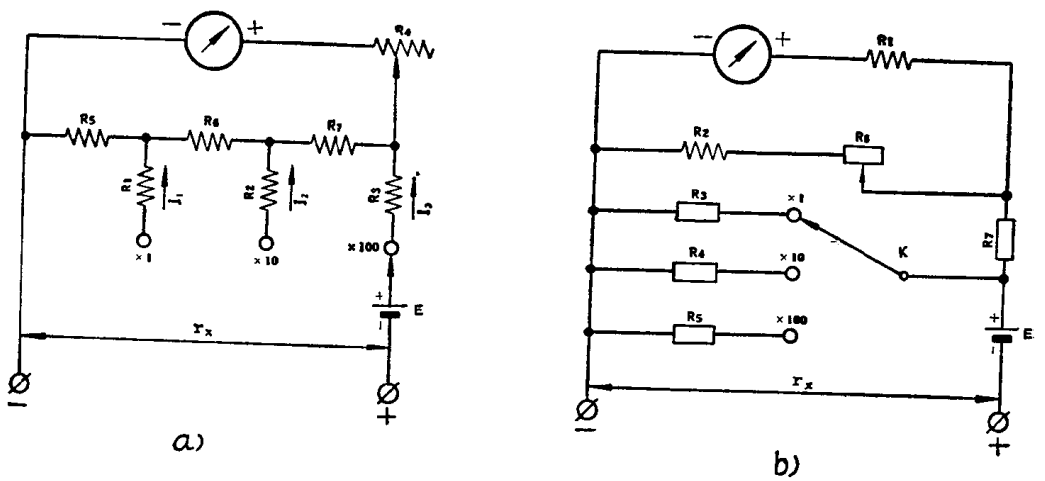


图1—38　用改变工作电流扩大量程的欧姆表电路

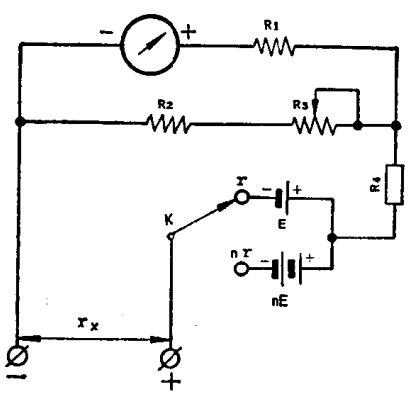


图1—39　改变电压扩大量程的欧姆表电路

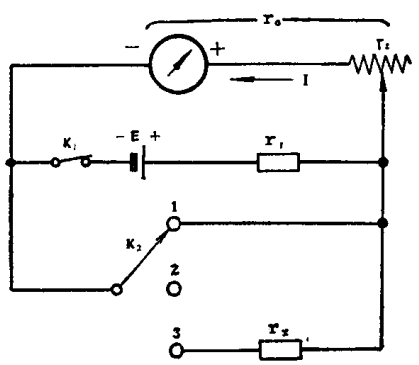


图1—40　并联联接的欧姆表电路

从公式（1—40）可以看出，电池电压E的改变，将会使r_T发生变化，从而造成测量误差。也就是说，同一个电路，当电池为全新时，r_T会增大，当电池寿命快终结时，r_T会减小。一般电池全新时每节电压为1.5伏，旧电池当电压下降至1.2伏以下时应即时更换。为了

把E的变化造成的测量误差减至最小，往往在电表支路中串接一个可变电阻作为欧姆调零，如图1—38（a）中的电阻R_4，和（b）中的R_6。这样用改变电表支路中的分流比来抵消电池电压E的变化的影响，从而保证了电阻的测量精度。

三、被测电阻与电表并联的欧姆表

图1—40所示原理电路是被测电阻与电表头支路并联的，适宜于测量较小的电阻值。开关K_2在位置1时，即$r_X=0$时，流过表头支路的电流$I=0$，指针指欧姆零位。K_2转至位置2时，即$r_X=\infty$时，$I=I_M$，利用“调∞”电阻r_2使表头指满刻度“欧姆∞”点。K_2转至位置3，为测量位置，当r_X在0～∞之间变化时，指针在0～I_M之间变化。r_X愈小，指针偏转角愈小，因而电阻刻度是顺向的，与被测电阻串联联接的欧姆表刚好相反。

在该电路中，当接入r_X后，流过电表支路的电流I为：

$$
\begin{aligned}
I &= \frac{E}{\frac{r_0 r_X}{r_0+r_X}+r_1}\cdot\frac{r_X}{r_0+r_X} \\
&= \frac{E}{r_0+r_1}\cdot\frac{r_X\cdot(r_0+r_1)}{\left(\frac{r_0 r_X}{r_0+r_X}+r_1\right)\cdot(r_0+r_X)} \\
&= I_M\cdot\frac{r_X\cdot(r_0+r_1)}{\frac{r_0 r_X+r_1(r_0+r_X)}{r_0+r_X}\cdot(r_0+r_X)} \\
&= I_M\cdot\frac{r_X\cdot(r_0+r_1)}{r_0 r_X+r_1 r_0+r_1 r_X} \\
&= I_M\cdot\frac{r_X\cdot(r_0+r_1)}{r_X(r_0+r_1)+r_1 r_0} \\
&= I_M\cdot\frac{r_X}{r_X+\frac{r_1 r_0}{r_0+r_1}}
\end{aligned}
\qquad (1-41)
$$

上式中$\frac{r_1 r_0}{r_0+r_1}$为r_1和r_0的并联电阻。

当$r_X=\frac{r_1 r_0}{r_0+r_1}$时，

则$I=\frac{1}{2}I_M$

因此，该欧姆表的中央刻度值为$\frac{r_1 r_0}{r_0+r_1}$。 (1—42)

这种电路在使用时，首先使被测电阻r_X断路，接通开关K_1利用r_2进行“调∞”，即使表头偏转满度值，然后接入r_X进行测量。这种电路目前用得不多。

1—11 电平的测量

在电信工程中，往往需要在信号的传输过程中对信号的衰减或增益（经放大后）进行测

量。例如信号在放大器输入端电压为V_1，在放大器输出端电压为V_2。如$V_2=10V_1$，则说明信号增益了10倍。经过一段线路传输后，信号电压衰减至V_3，如$V_3=\frac{1}{5}V_2$，则说明在这段线路中信号被衰减至$\frac{1}{5}$。如果在整个电路中阻抗是一定的，那么，信号功率的增益或衰减与电压的平方成正比。电信工程中如果直接采用功率或电压的比值，则计算时位数庞大（因为作乘除法的运算）。更重要的是人耳对于音响强度的感觉，不与其功率的大小成正比，而与功率的对数成正比。因此，电信测量中，采用了功率比值的对数值为标准，也称作电平，以贝尔为单位，其算式为：

$$\text{电平}=\lg\frac{P_2}{P_1}\ (\text{贝尔}) \qquad (1-43)$$

如果电路测量点的电阻相等，则电平也可以用电压或电流的形式来表示：

$$\text{电平}=\lg\frac{P_2}{P_1}=\lg\frac{\frac{V_2^2}{R}}{\frac{V_1^2}{R}}=\lg\frac{V_2^2}{V_1^2}=2\lg\frac{V_2}{V_1}\ (\text{贝尔}) \qquad (1-44)$$

$$\text{电平}=\lg\frac{P_2}{P_1}=\lg\frac{I_2^2R}{I_1^2R}=\lg\frac{I_2^2}{I_1^2}=2\lg\frac{I_2}{I_1}\ (\text{贝尔}) \qquad (1-45)$$

由于贝尔这一单位较大，因此定义$\frac{1}{10}$贝尔＝1分贝（习惯用dB或DB表示）。由此得出以分贝表示的电平公式为：

$$\text{功率电平}=10\lg\frac{P_2}{P_1}=10(\lg P_2-\lg P_1)\ (\text{分贝})$$

$$\text{电压电平}=20\lg\frac{V_2}{V_1}=20\ (\lg V_2-\lg V_1)\ (\text{分贝})$$

$$\text{电流电平}=20\lg\frac{I_2}{I_1}=20\ (\lg I_2-\lg I_1)\ (\text{分贝})$$

以上所述是指两个电功率或电压的相对比值，它的对数值，即电平叫做相对电平。相对电平看不出功率或电压的绝对值。因此，在实用中往往把某一功率作为0分贝。例如，把基准功率定为1毫瓦时的电平值叫做“绝对电平”。一般万用表上标的就是绝对电平。为了与相对电平分别，常叫分贝毫。由于一般万用表测的是电压，故还要规定其负载电阻，通常万用表中的负载电阻定为600欧，则由此求出零分贝时的电压V_1

$$V_1=\sqrt{PZ}=\sqrt{1\times10^{-3}\times600}=0.775\text{伏}$$

这样，就把万用表上对应于交流0.775伏刻度标注为0分贝，大于0.775伏的电压即可刻划成正分贝数，小于0.775伏的电压可刻划成相应的负分贝数。

也有以500欧姆负载上产生6毫瓦功率作为零分贝的，此时的基准电压V_1为

$$V_1=\sqrt{PZ}=\sqrt{6\times10^{-3}\times500}=\sqrt{3}=1.732\text{伏}$$

因此，在万用表中，所谓的电平测量，实际上就是测量交流电压，而把相应的电压刻度按换算出来的分贝数专门刻划成电平刻度。其电路就是交流电压测量电路。有时为了隔开被测电路中的直流成分，在交流电压测量电路内串接一个隔直流电容器（有的利用一个专用的电平测量接线柱把该电容接入）。该电路在维修时不需专门检查电平测量的误差，而只需检查电路是否工作正常就可以了，因为测量误差是由交流电压的测量误差来保证的。

交流电压表扩大量程后，电压刻度在任一刻度上均比原始量程扩大了一个固定的倍数。因此每一对应刻度在该量程上增加了一个固定分贝数。现用一实例来说明这一问题。假定以1毫瓦、600欧姆为零分贝，则在0～1伏量程的0.775伏为零分贝。如量程扩大10倍，即0～10伏量程，对应与原0.775伏刻度应为7.75伏刻度，该刻度之对应电平应为：

$$\text{电平}_{(7.75\text{伏})} = 20\lg\frac{7.75}{0.775} = 20\lg 10 = 20\text{分贝}$$

也就是说，量程扩大10倍后，不同电压所对应的分贝数应为原始分刻度值加上固定的20分贝。如量程缩小，则应减去一个固定分贝数。现在把量程改变时附加的固定分贝数列表如后以供参考。

被测档量程：原始档量程	附加分贝数	被测档量程：原始档量程	附加分贝数
1:1	0	1:1	0
2:1	+6	1:2	-6
2.5:1	+7.05	1:2.5	-7.05
3:1	+9.55	1:3	-9.55
4:1	+12.05	1:4	-12.05
5:1	+14	1:5	-14
10:1	+20	1:10	-20
20:1	+26	1:20	-26
50:1	+34	1:50	-34
100:1	+40	1:100	-40
200:1	+46	1:200	-46
300:1	+49.55	1:300	-49.55
400:1	+52	1:400	-52
500:1	+54	1:500	-54
1000:1	+60	1:1000	-60

1—12 其它参量的测量

万用表除了前述的能进行交直流电流电压、直流电阻和功率电平的测量以外，在某些表中配合一定的附件，还可以进行电容器容量或电感线圈电感量的测量。其测量原理与被测电阻串联联接的欧姆表很相类似。其原理电路如图1—41所示。从图中可以看出，它与图1—37在原理上是很相似的。不同之点是用市电电源代替了电池，用交流电表代替了直流电表。

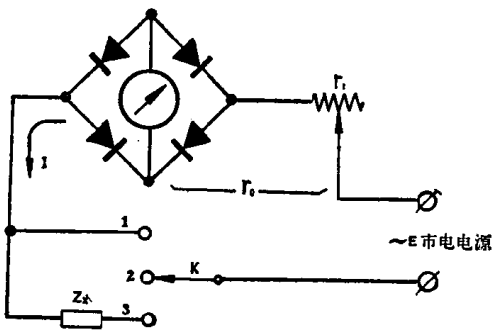


图1—41 电感或电容测量原理

当开关K位于位置1时，调节r_1使电表指满偏转值，当K转至位置3时，被测电感或电容将造成一定的感抗或容抗，它与电表内阻r_0串联，流过电表的电流I减小，减小的程度与Z_X的大小成正比，即Z_X愈大，I减小愈严重。由即可把相应的电流刻度改变为Z_X的刻度。我们知道：

$$Z_X = \omega L = 2\pi fL, \quad Z_X = \frac{1}{2\pi fC}$$

或

$$L = \frac{Z_X}{\omega}, \quad C = \frac{1}{Z_X \cdot 2\pi f}$$

故当电源频率为一定时，又可将Z_X换算为电感L的大小或电容C的大小。

另外，随着晶体管的广泛应用，万用表在用途上和电路上也有所改变。例如，有些万用表已能用来测定晶体管主要直流参数，如发射极对集电极的穿透电流I_{ceo}，集电结反向饱和电流I_{cbo}和直流放大系数β (h_{FE})。在万用表本身电路上的改进，如引进半导体技术，用晶体管装成振荡器产生音频电源，用以代替市电电源，进行电感、电容的测量。这里不再详细介绍。

1—13 万用表的发展

随着电子技术的发展，由电子管装成的复用表已广泛应用。这种万用表的特点是输入阻抗高（即作电压测量时取用电流较小），频率响应宽（高达数百甚至上千兆赫），能测量短暂脉冲等。

另外，最近期间，已发展应用了晶体管装成的或集成电路装成的数字式复用表，其显著的优点是测量迅速、读数准确、体积很小等等。这些仪表不是本书的介绍对象，故不详述。

第二章　万用表的技术要求及其检验

万用表属于交直流可携式复用电表，其有关技术要求在1965年由中华人民共和国科学技术委员会颁布的《国家标准》《GB776—65电气测量指示仪表通用技术条件》（以下简称《通用技术条件》）中已有明确而完整的规定。凡属国产万用表，在新品出厂检验和修理后出厂检验中，均应符合该《通用技术条件》的有关规定。非国产仪表，原则上也可参考《通用技术条件》拟定其有关技术要求。以英国的88A型万用表为例，其交流电压的频率响应在50～20000赫之间，其频率附加误差有特殊的规定，不可能完全按《通用技术条件》执行。又如，英国AV0—8型万用表，其误差直流为±2%，交流±3%，而《通用技术标准》无此精度等级，因此只能灵活运用，规定其技术要求。

2—1　有关误差的定义

电气测量仪表的误差是仪表的主要参数之一。在进行测量时，由于仪表本身的测量机构、测量电路参数的变化或仪表受外界因素变化的影响，仪表的指示值与实际值总是存在差别的，其差值就是仪表的误差。

一、绝对误差

仪表的指示值X与被测量的实际值X_0之差值ΔX称作仪表的绝对误差，即：

绝对误差＝仪表指示值－被测量实际值

即：
$$\Delta X = X - X_0 \qquad (2-1)$$

绝对误差是名数，以被测量的单位表示之。

被测量的实际值X_0与仪表指示值X的差值称作仪表的更正值或称绝对校正值，用符号C表示，即：
$$C = X_0 - X \qquad (2-2)$$

由上式可得：
$$X_0 = X + C$$

上式表示：更正值就是为了获得被测量的实际值而必须与测量结果（仪表指示值）代数相加的量。

将式（2—1）与（2—2）比较可知：更正值是绝对误差的负值，即：
$$C = -\Delta X$$

或
$$\Delta X = -C$$

已鉴定过的仪表一般都给出其绝对误差值或更正值。在精密测量中，往往需要对仪表的误差进行修正，如果给出的是绝对误差，则仪表读数应减去绝对误差值；如果给出的是更正值，则仪表读数应加上更正值。

二、相对误差

绝对误差与被测量实际值之比值称作相对误差，通常用百分数表示。如用符号 γ 表示相对误差，则：

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_0} \cdot 100\%。 \qquad (2-3)$$

在工程测量技术中，用实际值X_0计算起来很麻烦，同时由于X与X_0之间常常相差很小，因而在式（2—3）中往往用仪表的指示值X来代替被测量的实际值 X_0，这样算得的相对误差称作名义相对误差或称作标称相对误差，即：

$$\gamma_X = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100\% \qquad (2-4)$$

绝对更正值与被测量实际值之比值称作相对更正值，并用百分比表示，即：

$$\gamma_C = \frac{C}{X_0} \cdot 100\% \approx \frac{C}{X} \cdot 100\% \qquad (2-5)$$

有时为了对误差加以评价，还使用了所谓校正系数，它等于被测量的实际值与仪表指示值之比值，用符号K_C表示，即：

$$K_C = \frac{X_0}{X} \qquad (2-6)$$

上式表示：要得被测量的实际值，就将仪表指示值乘上校正系数，即：

$$X_0 = K_C X$$

三、引用误差

引用误差（或称相对额定误差）是仪表相对误差的一个特殊情况，用作表示仪表的准确度，作为仪表准确度的等级。

引用误差是仪表的最大的绝对误差ΔX_m与测量上限X_m之比值，用百分比表示。如用 γ_m 表示引用误差，则：

$$\gamma_m = \frac{\Delta X_m}{X_m} \times 100\% \qquad (2-7)$$

例如：在检定 0 ～150伏的电压表时，在50伏、100伏、150伏刻度点上分别读到的标准表读数是51伏、97.5伏、151.5伏，则：

绝对误差为：$\Delta X_{50} = 50 - 51 = -1$ 伏，

$\Delta X_{100} = 100 - 97.5 = 2.5$伏，

$\Delta X_{150} = 150 - 151.5 = -1.5$伏。

更正值为：$C_{50} = -\Delta X_{50} = 1$伏，

$C_{100} = -\Delta X_{100} = -2.5$伏，

$C_{150} = -\Delta X_{150} = 1.5$伏。

相对误差为：$\gamma_{50} = \frac{\Delta X_{50}}{X_{50}} \cdot 100\% = \frac{-1}{50} \cdot 100\% = -2\%$，

$$\gamma_{100} = \frac{\Delta X_{100}}{X_{100}} \cdot 100\% = \frac{2.5}{100} \cdot 100\% = 2.5\%,$$

$$\gamma_{150} = \frac{\Delta X_{150}}{X_{150}} \cdot 100\% = \frac{-1.5}{150} \cdot 100\% = -1\%。$$

引用误差为：$\gamma_m = \frac{\Delta X_m}{X_m} \cdot 100\% = \frac{2.5}{150} \cdot 100\% = 1.67\%。$

在《通用技术条件》中规定仪表的基本误差是采用引用误差的计算方法的，因而它是决定仪表精度的主要指标。

四、附加误差

仪表除基本误差以外，《通用技术条件》还对其它因素造成的附加误差作了明确的规定。其中主要的有：

1.倾斜影响误差；

2.温度影响误差；

3.频率影响误差；

4.电压影响误差；

5.升降变差及指示器不回零误差；

6.电流或电压波形影响误差。

由于《通用技术条件》对这些误差均作出了明确规定，因此在这里不再重复。

2—2 万用表修理后的技术条件

万用表在制造厂作新品出厂检验时，按《通用技术条件》的规定，应进行该标准的第1～22、25、33、35、36、38～41、48、49、55、57、59、65～68、70、72、73、79～102等各条之试验。然而，在作为修理后之万用表，应试验那些项目，没有明确规定。因此修理后技术条件中究竟应如何确定试验项目，各单位应根据各自的技术水平、设备条件、修理深度以及使用要求等情况予以确定。根据我们的实践体会，万用表修理后应进行以下项目之试验（括号内的数码是指《通用技术条件》相应之条数）：

1.基本误差（17、18、19）；

2.升降变差（20）；

3.指示器不回零位（21）；

4.倾斜影响（22）；

5.频率影响（25）；

6.阻尼（36）；

7.有关指针的规定（65、66、67）。

其中万用表各量程基本误差的等级原则上应参照原制造厂技术说明书中的规定或仪表刻度盘上所标注的精度等级予以确定。如果以上两项均无据可查时，可根据仪表的工艺水平、采用元件的精度、刻度弧的长度、使用要求等因素，并参考类似万用表的精度等级，恰当地

自行确定。

频率影响（25）一条，如使用单位无特殊要求，也可以不列入检验项目。

万用表中附设有蜂鸣器时，应检查在被试电路短路时蜂鸣器是否发出正常的蜂鸣声。

附有自动断路器的万用表，则应检查仪表通以规定倍数的过负载电流时，自动断路器是否可靠地动作。

有关仪表外形、标志等要求，可参考《通用技术条件》第79～102条予以规定。

试验基本误差时，对于同一测试项目（如直流电流），可确定某一有代表性的量程，检查标度尺上的全部数字点，而其它各量程则可以只检查满刻度值一点。

2—3 万用表的检验设备

万用表修理后，一般应按修理后技术条件进行检验，其检验项目如2—2节中所述。检验这些项目所需的标准设备，在准确度等级上应高于被检验万用表的准确度3倍以上。此外，如果用直读式精密电表作为标准表，还需要用以供给规定电压或电流的辅助电源。对这种辅助电源，还应有电压稳定度、连续可调能力、纹波系数（对直流辅助电源而言）、波形失真度及频率准确度（对交流辅助电源而言）等要求。现将检验不同项目时所使用的设备介绍如下。

一、直流电流和电压的检验设备

万用表直流测量的基本误差一般在1.0级到4.0级之间，作为检验用的标准表，其准确度应为0.2级。这样，在检验1.0级仪表时，标准表的准确度才能满足高于被校表3倍以上的要求。然而，由于万用表的量程较广，电流量程一般由50μA至10A（甚至达30A），电压量程一般由0.1V至5000V，一般单位不易备全量程这样广泛的0.2级精密标准表。因此，在条件不具备时，也可用0.5级标准表临时代用。

当精密标准表的量程不够时，也可自制标准倍压器或分流器来扩大量程，这样可减少标准设备的数量。

作校验直流电流、电压用的辅助电源，可以采用蓄电池，而以滑杆式可变电阻调节加至仪表的电压或电流。这样作的优点是：电压比较稳定，供给的是纯直流不存在纹波成分。缺点是电压不可能太高，损耗功率较大。

另一种直流辅助电源是利用市电通过自耦调压器、升（降）压变压器将交流电压变至所

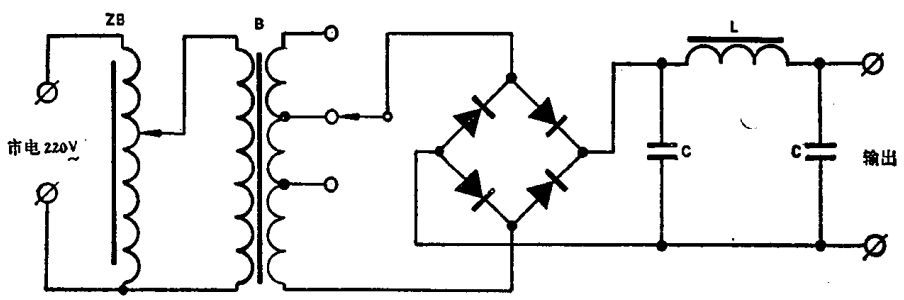


图2—1 整流式直流辅助电源电原理电路图

需数值，然后用电子管或半导体二极管进行整流并滤除交流成分后供给仪表使用，其原理电路图如图 2 — 1 所示。这种电源的优点是：电压可均匀调节，电压及电流供给的范围较广，效率较高。缺点是：输出电压随市电电压变化，直流成分中含有一定的交流成分。

二、交流电流和电压的检验设备

万用表交流测量的基本误差一般在1.5级至5.0级之间，作为检验用的标准表，其准确度为0.5级就满足需要了。但是，由于万用表的交流量程也很广泛，如交流电流由250μA 至10A，交流电压由250mV至5000V，现有0.5级的交流标准表在量程方面也不易全部满足，往往需要自行配制电流互感器或电压互感器来扩大标准表的量程。在选择标准表的工作方式时，最好采用其指针偏转角与被测电流平均值成正比的仪表，这样可以减少由于电源波形畸变所造成的附加误差（因被校表与标准表的工作原理相同）。

交流辅助电源，一般均直接采用交流市电，由自耦调压器调压，升（降）压变压器将电压变换至所需数值，其原理电路图如图 2 — 2 所示。在该图中，用自制变压器 B 时，需特别注意该铁心的磁通密度应取得足够低，以防止由于磁饱和造成电源波形的非线性畸变。

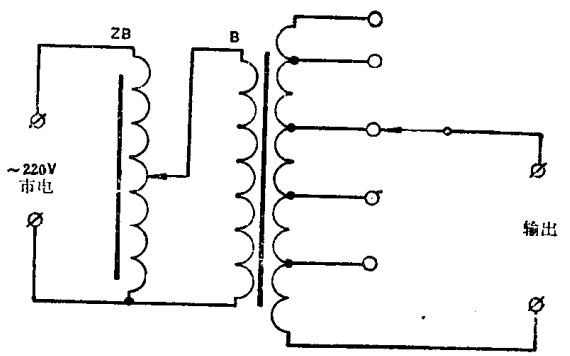


图 2 — 2　交流辅助电源原理电路图

根据《通用技术条件》表16的规定，交流电流或电压的波形应为正弦的，波形畸变系数≤2%，当市电波形失真已超过这一数值时，则需采用低通式滤波器，将电源中的高次谐波予以滤除。

三、电阻的检验设备

电阻量程所用的检验设备主要的是标准电阻。一般万用表的电阻测量准确度约为 ± 5 % ～ ± 10%，因此标准电阻的准确度应不劣于1%即可满足需要。通常可采用标准十进位电阻箱作为标准电阻。如无标准电阻箱，也可按常用的校准点自行绕制锰铜线绕电阻，用电桥进行校准。

四、先进检验设备的采用

随着电子技术的发展，数字式万用表已广泛应用，如条件允许，可以用这种仪表作为检验万用表的标准仪表，其读数细、精度高而且直观。这类仪器的国内定型产品有：SF-1 型数字繁用表、SW11型晶体管数字万用表等。

如本单位除修理万用表外，同时又修理精密电表时，则可采用如XF1 型交直流精密电表校验装置，这种设备它本身既具有标准计量仪器，还附有供校验用的辅助电源。

辅助直流电源的国产成品，如YJ-10A型直流稳压电源、JWA型晶体管直流稳流器、JWY型晶体管高压稳压器等设备。

另外，已有利用晶体管装成的标准直流、交流电流电压发生器，其电压范围由毫伏级直

至1000伏，电流范围由毫安级至30安，输出电压及电流的精度在0.07%～0.2%之间，这类装置的突出优点是既代替了标准仪表，又免除了辅助电源，而且精度较高，读数直观。

五、频率影响的检验设备

检验万用表的频率影响时，一般可按图 2 — 3 的电路连接。其中SF为音频信号发生器，它应能供给所需测试用的频带范围内的信号电压。V_1为被检验的万用表，V_2为作标准用的监视用电压表。V_2应在该频带范围内其指示不受频率的影响，一般用电子管电压表即可满足这一要求，因为电子管电压表一般在20赫至100兆赫内其频率响应基本上是平直的。

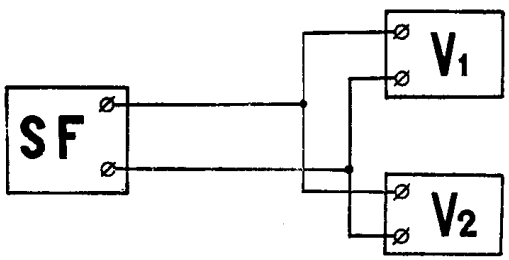


图 2 — 3　检验频率影响时的原理接线图

当然，电子管电压表的测试准确度不高，但在这里只作监视仪表用，其主要作用是在规定的频带范围内保持 SF 的输出电压为恒定值，即在不同频率时保持V_2的指示不变，V_1指示值的变量，就是频率所造成的V_1电压表的附加误差。

第三章　表头的修理与调试

万用表表头，一般均采用磁电系外轴尖式（目前其它型式较少）仪表。其特点是精细，灵敏度高。万用表的主要性能很大程度上决定于它。因此，修理后的万用表，技术性能是否能满足要求，表头是主要关键。由于万用表使用频繁，移动性较大，使用环境条件较差，表头内部容易侵入尘土和潮气，使轴尖等主要零件脏污或锈蚀，因此，对于表头，即使是没有性能上的故障，也应分解清洗，并对主要零件和部位、状况（如轴尖、轴承以及气隙等）进行检查，以提高使用寿命。

3—1　机械摩擦的排除

一、机械摩擦产生的原因

常见的有两种情况：一是活动部分与固定部分的某些部位相碰；二是活动部分与固定部分之间有微小铁粒或纤维等外来物造成卡滞。前者多来源于轴尖与轴承之间间隙过大（甚至轴尖脱出），轴尖偏歪，轴座脱胶，轴承位移，极掌位移，铁心位移，活动线圈、指针、平衡体、游丝等变形，刻度翘起等。后者全系微小铁粒和纤维以及其他外来物等侵入磁气隙内，或粘附在邻近活动部分的固定部分表面，阻挡活动部分的偏转。

二、机械摩擦点的寻找

在仪表修理中，机械摩擦点较难寻找。特别是磁气隙中的微小铁粒、细纤维、其它粘附着的外来物以及活动线圈与铁心表面或极掌内孔表面的轻度摩擦，更难发现。因为这些细小的东西单凭肉眼不易发现，有时需在充足的光线下用放大镜才能找到。

要能准确地找出机械摩擦点，必须将仪表在水平位置的基础上倾斜适当的角度，使被检查的部位获得最小间隙（或距离），并使被检查的间隙获得充足的光线，戴上放大镜仔细地进行观察。视线与被检查间隙平行，自最低活动极限至最大活动极限慢慢转动活动部分，逐点进行检查。有时需反复多次。

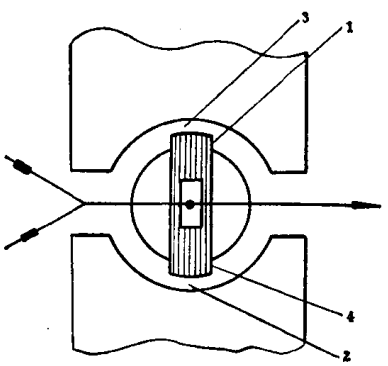


图 3 — 1　磁气隙中机械摩擦的检查

例如对于磁间隙中机械摩擦点的检查，如图 3 — 1 所示。将仪表指针向右，测量机构向自己作一定角度倾斜，活动线圈保持下垂状态，拨动指针使活动线圈自最低活动极限至最大活动极限慢慢转动，观察线圈与铁心之间的间隙“1”和线圈与极掌之间的间隙“2”，而后转动仪表使指针向左，测量机构和活动线圈保持前述状态，按前述方法观察间隙“3”与“4”。为能观察仔细、全面，还

应将仪表翻转，使底部向上，再按上述方法进行检查。对于铁心端面与活动线圈之间的摩擦，是使被检查间隙置于上方而获得最小间隙时进行观察的。这些间隙应足够大，且活动线圈不允许受到任何阻碍。

若指针与刻度盘之间的间隙很小，检查其有无机械摩擦或有无纤维阻挡指针时，应将仪表倾斜一定角度使指针下垂（图3—2），视线与刻度盘平行，自最低活动极限至最大活动极限慢慢转动指针进行观察。

平衡体、游丝及其焊柱等的机械摩擦，也都必须这样进行检查，才能彻底发现机械摩擦点。

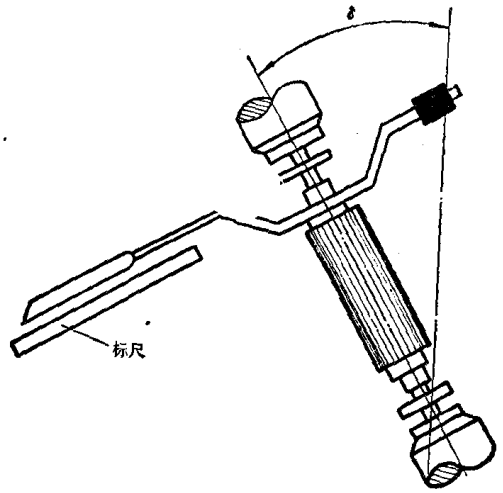


图3—2　指针与刻度盘机械摩擦的检查

三、机械摩擦的排除

在仪表修理中，排除机械摩擦主要是测量机构各零件的清洁、修理和装配问题。

首先应将仪表分解，对各零件进行彻底清洁，清除任何可动铁磁微粒、纤维和其它外来物。在测量机构装配好后，应作全面检查。为消除铁磁微粒和细纤维之类危害物的来源，保持工作场所、工具和设备的清洁是极为重要的，特别要严禁锉屑和纤维。

有的极掌、铁心、磁铁和其它磁路元件存在着毛刺、锈堆和砂眼，或镀层、漆层脱落，这将产生铁磁微粒等危害物。修理中应将毛刺、锈堆除净，砂眼应用腻子填补，镀层和漆层有脱落时应全部除尽，而后重新加以电镀或烤漆。磁路系统上的铁磁微粒，可用较硬的毛刷，从两磁极向中性面方向刷除，个别残存者可戴上放大镜用密合性极好的镊子夹除，或用钢针吸去。

对于细小纤维，可戴上放大镜细心寻找，用密合性好的镊子夹除或用钢针拨出。有的活动线圈是用纱包线绕制的，有的仪表刻度盘是纸质的，对其翘起的纤维还可以用涂胶或酒精灯火燎的方法排除，但要严防脏污和烧坏。

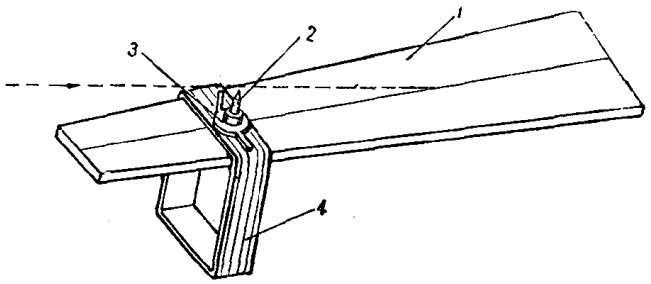
活动系统各部分发生变形，常见于指针和平衡体部分。可用镊子夹持的方法加以矫正，使指针与活动线圈互相垂直；平衡体应相互对称，与线框平面垂直。

活动线圈变形亦可用镊子夹持的方法矫正，但要避免过重的矫正力，以防止损坏。必须指出，要使线圈不变形，对有骨架的线圈来说在绕制之前应对骨架进行整形，对无骨架线圈在绕制后未干燥之前应进行整形，而修理中手持线圈时不得用力过重。

轴尖偏歪引起的线圈与铁心表面或极掌内孔表面的机械摩擦或轴座脱胶，都需重粘轴座。方法是先用香蕉水或用其它溶化剂将原有线圈和轴座上的残存胶质稀释除净，在轴座底面胶上一层纸（轴座四周大出约0.3—0.5毫米），而后在线圈原胶合处涂上一层适量的胶合剂（如赛璐珞胶或510—2、510—4万能胶），将轴座粘上压实。粘牢后的轴尖应与活动线圈内空中心线吻合。在仪表修理中，常用梯形中心线尺（图3—3）或将活动系统装入支架进行校正。梯形中心线尺可用明胶板料制成，中心线两边应对称，两等腰线应很直，作成后应检

查是否符合要求。用梯形中心线尺校正轴尖时，将线圈套在梯形尺上，互配密合，线圈与梯形尺中心线垂直（目测）。而后移动轴座使轴尖顶点（连同轴身）对正梯形尺中心线。同时还应从活动线圈侧面观察轴尖，应在线圈的中心线上。轴尖在支架上进行校正比较麻烦，但更适合于支架特性。它是将活动系统装在支架上并调整好轴承间隙，然后按照检查摩擦的方法看两侧间隙是否相等。如果活动线圈两侧间隙不均，可拨动轴座使上下轴尖同时在一直线上的前提下达到活动线圈两侧间隙均匀即可。用这种方法校正轴尖时要特别提防轴尖压坏。

无论用那种方法校正轴尖，均需在自然环境中使胶合剂稍加干燥后及时进行复校，否则粘合剂干固后轴尖发生偏歪就不易校正了。轴尖经校正后还应再行干燥，一般是置于干燥箱中在60～70℃下干燥四至六小时，也可在自然环境下干燥至牢固为止。



1—梯形中心线尺；2—轴尖；3—轴座；4—线圈。

图3—3　用梯形中心线尺粘轴座

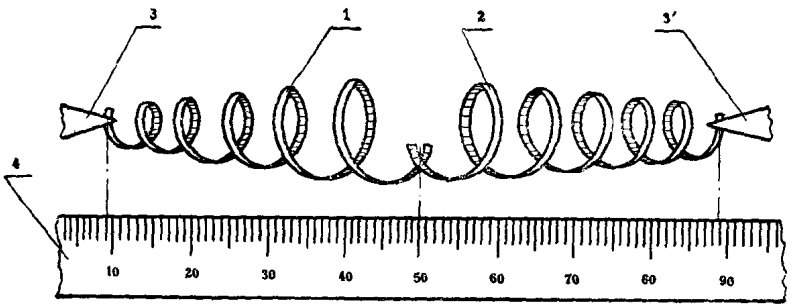
要特别注意保护其活动线圈的端头，否则往往造成因线头折断而使线圈报废。因此，对于旧活动线圈，重新胶合轴座之前应先焊下线头，待轴座干固后再焊牢。对于新绕制的线圈，须在轴座完全干固后，用“00”号砂纸剪成适当的窄条对叠起来，轻轻地夹住漆包线端头，细心地打去漆皮（严防断线），然后在相应的焊爪上焊固。

游丝变形严重将使仪表发生机械摩擦，同时对仪表的其它性能影响很大。修理方法和故障排除方法应仔细考虑后加以确定。

对于过载烧坏，过载或焊接时经受高温造成弹性失效、绞乱揉折出现明显痕迹以及氧化腐蚀的游丝，不能再用。因为在修理后和在长期工作中，其弹性的稳定性很难保证，必须更换。更换的新游丝力矩应和原游丝相同，否则将影响仪表指示准确性。力矩可用力矩计测定，或从原始资料中查得，必要时可用试验方法和比较法选用游丝。试验法是根据原有游丝圈数的多少，内外圈直径的大小，宽度和厚度，材料性质等选定新游丝，装上仪表通以额定电流进行试验，并根据仪表指示情况决定是否可用。若指示超出太多，说明游丝力矩太小，应另换力矩大的；若指示不满度，将仪表充磁后还不能多指达10%以上者，说明游丝力矩太大，应另换力矩小的。如游丝圈数超过5圈，则当仪表多指时，可将游丝剪去一部分（至少保留5圈）。如果仪表两个游丝中还有一个是好的，可用比较法，就是将新旧游丝力矩加以比较。如图3—4，将新旧游丝外端相互钩住，用两把镊子夹住两游丝内端对拉，使游丝螺旋伸长。将新游丝螺旋长与旧游丝螺旋长加以比较，长度大的力矩小，长度小的力矩大，近似相等即可采用。

游丝应是平整、圆滑的螺旋形，各圈距相等，并在同一平面上。变形情况是多种多样的，但无论那种变形都是在变形处施以与变形力相反的力来加以矫正。各种变形及其矫正方法如下：

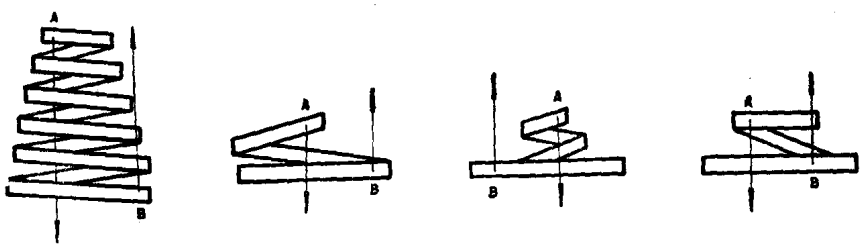
游丝轴向受力变形时，螺旋不在同一平面上。这有几种情况，如图3—5所示。一种是整个螺旋凸起（图3—5(a)）。可用两把镊子分别夹住内外端，将外圈往内圈凸起的方向拉，同时把内圈往外圈凸起的方向拉，使之作反方向变形而加以矫正，但不得对拉过度。第



（1—旧游丝，2—新游丝，3、3'—镊子）

图3—4　游丝力矩的比较

二种是外圈凸起，其它各圈均在同一平面上（图3—5(b)）。第三种是内圈凸起，其它各圈均在同一平面上（图3—5(c)）。第四种是中间某圈变形，使内部几圈和外部几圈各在同一平面上（图3—5(d)）。矫正方法与第一种相同，只是夹持点不在游丝的内外端，而是在变形部分的两端。矫正时夹持点一定要适合，如图中AB点的位置。

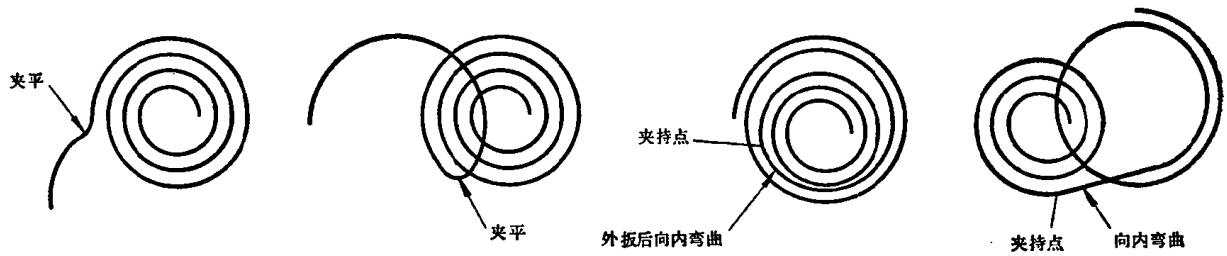


a)整个螺旋凸起的矫正　b)外圈凸起的矫正　c)内圈凸起的矫正　d)中间圈凸起的矫正

图3—5　游丝轴向受力变形的矫正

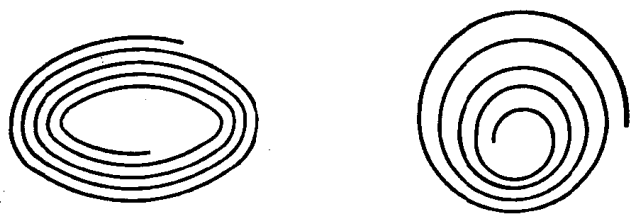
游丝径向受力变形时，螺旋不圆滑，圈距不等。这也有几种情况，如图3—6所示。一种是某一点受力变形外张或内缩（图3—6(a)中甲、乙）。第二种是某一小长度部分受力变形内缩或外张（图3—6(b)中甲、乙）。第三种是椭圆的或偏心的（图3—6(c)中甲、乙）。对于第一种，可用镊子将受力变形点夹平使之近似第二种变形情况，然后按第二种变形的矫正方法修复。第二种变形的矫正是用一把镊子夹住变形部分的适当位置向内或向外弯曲（或用拨针拨成弧形），使其圈距与良好部分一致。当变形部分较长时，弯曲的时候须逐步向外推进，直到游丝完全圆滑，圈距均匀为止。对椭圆或偏心游丝的矫正方法与第二种相同，但应从内圈开始逐步向外矫正，先要取好内圈直径（为游丝焊爪与轴尖之外部尺寸的2倍），以内圈作为基础，圈距取得与原游丝一样，盘卷圆滑、平整。

游丝斜向受力变形，螺旋既不圆滑也不平整。这有多种情况，以其中两个典型情况说明其修理方法，如图3—7所示。一种是整个螺旋斜凸起（图3—7(a)），可用两把镊子夹住游丝的内、外端A、B，作扇形对拉，这时要使游丝各圈在未凸起部分保持平整。如有个别螺圈不平整时应个别矫正。经多次矫平后，再将圈距调整均匀。另一种是折扭（图3—



（甲）外张　　（乙）内缩　　（甲）内缩　　（乙）外张

a)游丝某点受力变形的矫正　　b)游丝某一长度受力变形的矫正

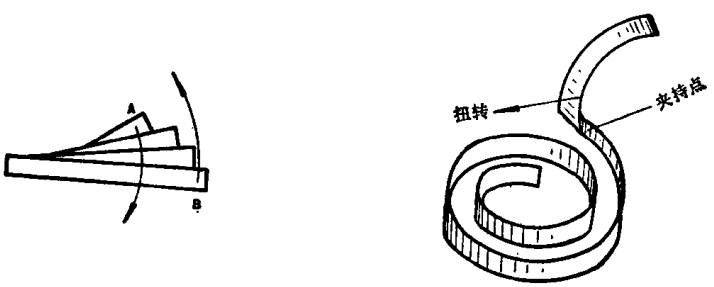


（甲）椭圆　　（乙）偏心

c)游丝整个受力偏心或成椭圆的矫正

图 3 — 6　游丝径向受力变形的矫正

7(b))，可用两把镊子夹住变形部分的两端点反扭，使整个螺旋在一平面后再将折痕夹平，而后再弯曲成形。



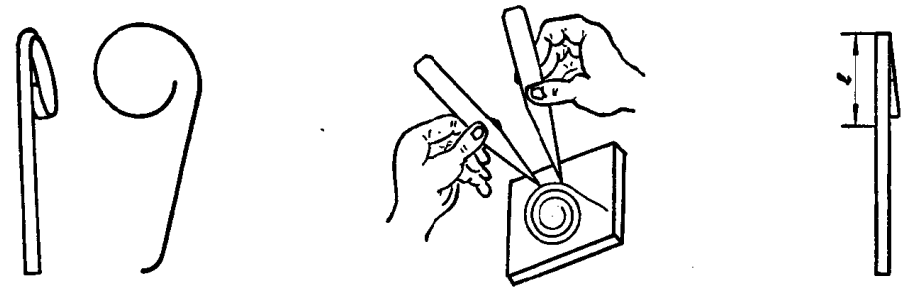
a)整个游丝斜向受力斜凸起的矫正　　b)游丝某点斜向受力折扭的矫正

图 3 — 7　游丝斜向受力变形的矫正

游丝多向受力变形和绞乱是较难修理的。但只要掌握好上述三种基本方法，并按如下要领进行，仍可顺利修复。首先，用一把镊子夹住内端头，另用一根钢针插入内端与第二圈之间的间隙中，逐步向外推进至末端，以消除螺旋乱穿现象。第二步是大致的修整平，修整圆和调整圈距。最后按椭圆和偏心游丝的矫正方法修整合格。

有时游丝需要重新盘。其方法如图 3 — 8 所示，先将游丝展开（图 3 — 8(a)），而后在衬以白纸的玻璃板上、用两把镊子夹住弯曲，或用一把镊子夹住另用一根拨针进行弯曲，自内端至外端逐步推进盘卷成形（图 3 — 8(b)）。要注意如下要领：一是内圈一定要盘得

圆滑、平整、直径大小合适；二是校正将要盘卷部分(图3—8(c)的l段，一般为$\frac{3}{4}$－$\frac{1}{3}$圈)。使宽面在盘卷前与已盘好部分吻合，盘卷后还需再校正；三是每盘卷一部分必须进行检查，以确保螺旋平整，圈距大小合适并均匀，否则不能继续进行。



a)游丝的展平　　b)游丝的盘卷　　c)游丝的校平

图3—8　盘　游　丝

游丝安装后应与轴尖同心，螺旋平面应与轴尖垂直。一方面是靠正确的焊接来保证，另一方面则是在焊接后加以适当的矫正。这时游丝本身是良好的，矫正部位只能是内端头（组成活动系统时）和外端头（装上支架时）。

游丝不清洁，特别是稀焊剂之类具有粘性的脏物附着在游丝上，容易造成螺旋圈粘联，可用香蕉水棉球或酒精棉球擦拭干净，注意不要用力过大，以免变形。整个游丝不得附有棉毛等纤维质和其他外来物。

测量机构的安装是很重要的。安装不当不仅会产生机械摩擦，而且还会损坏轴尖增加摩擦误差，或破坏仪表刻度特性，甚至使以前的修理工作全部报废。因此必须特加注意。这里将轴尖装入轴承这一工序是问题的关键。轴尖在整个仪表的装配和调试过程中都不得承受任何碰撞和可能造成其球体变形的压力。装配时应先调整轴承螺丝，使上轴承螺丝端面与铁心的上端面之间的距离大于上轴尖顶点与活动线圈上部内壁之间的距离，下轴承螺丝端面与铁心下端面之间的距离大于下轴尖顶点与活动线圈下部内壁之间的距离（均至少大于0.5毫米）。而后手持指针将轴尖装入下轴承内，用持支架那只手的方便手指支撑住活动系统的方便部位，将上轴尖对正上轴承凹(注意不得偏歪，对轴尖不得有任何压力)，再慢慢拧动上轴承螺丝使上轴尖装入上轴承。如铁心上下不居于活动线圈的中心，则应拧动轴承螺丝加以调整。为使轴尖不受压力，调整时应先将需扩大铁心与活动线圈间隙的那个方向的轴承螺丝拧出$\frac{1}{3}$～$\frac{2}{3}$圈(以轴尖不脱出轴承为准)，而后再将另一轴承螺丝拧入同等的圈数，如此多次直至间隙合适为止。在装配和调整过程中，轴尖与轴承要永远保持一定间隙，而且不允许有一次不存在这种间隙的时候。(

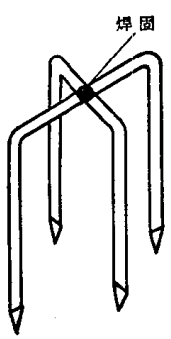


图3—9　保护叉

仪表测量机构的零件位置安装得不正确，是产生机械摩擦的主要原因之一。装配好的活动线圈应与铁心和磁气隙同心，活动线圈四内壁与铁心表面的间隙，活动线圈两侧外壁与极掌中心孔壁的间隙必须均匀而且足够大，还要保证游丝、游丝焊爪、指针、平衡体等与周围固定部分之间有足够大的间隙。这些要求在活动线圈自最低活动极限至最大活动极限的全部偏转范围内都必须达到。支架、铁心为可拆卸结构（零件组

合）的，靠改变轴承座板和铁心的位置来达到，必要时还需移动轴尖位置。如支架、铁心为固定式结构的，则靠移动轴尖和改变支架在极掌上的固定位置来达到，必要时还需对支架进行修整。对于固定式支架，活动系统装上后，必须确保各部分间隙和零件状态正确的情况下方可装入极掌中。

从极掌中取出或装入带活动系统的支架应防止碰撞，以避免线圈擦伤、变形和轴尖受力。为此可用特制的保护叉（图3—9）紧套在铁心上（拆出时插入磁气隙中），使叉尖露出部分尽可能长，连同铁心（支架）插入极掌中心孔内，将铁心（支架）紧固后再取下。保护叉可用漆包线（非铁磁材料均可）制成，直径较磁气隙稍小，爪长80～100毫米（与表架尺寸有关），两对爪之对面尺寸与铁心直径相等。

四、机械摩擦的试验

仪表指针在下针挡至上针挡范围内的任意位置，在仪表规定的使用位置和在规定使用位置的基础上向任意方向倾斜10°的范围内的任意角度上工作时，均应灵活，不允许有任何的卡滞（机械摩擦）现象。

机械摩擦试验是将仪表接入电气线路中进行的。均匀调节电流，使仪表指针慢而平稳地上升或下降，仔细观察指针有无卡住、迟滞而后突跃等现象。须反复多次试验才能最后确定其性能好坏。

试验时先在正常使用位置进行，而后在正常使用位置的基础上向任意方向倾斜时进行试验。为了对仪表进行考查，修理中有时还把仪表翻转进行试验。如发现有机械摩擦必须找出原因并予以排除。

3—2 摩擦误差的排除

一、摩擦误差产生的原因

摩擦误差，是指仪表轴尖与轴承间的摩擦力过大而引起的指示器不回零位、振动变差和升降变差（非指磁滞、游丝力矩变化等）。这种误差的特点是误差值不稳定，对仪表准确度影响很大。

造成这种误差的原因，主要是轴尖和轴承的工作部分在长期工作中磨损、受力变形、破裂、锈蚀、光洁度破坏、粘染脏物，不存在轴隙或轴隙过小，经修理后轴尖曲率半径太大或修理更换的轴承曲率半径太小等。

二、轴尖的修理

合格的轴尖必须满足图3—10要求。现作如下说明：

1.轴尖材料应采用不易锈蚀的高硬度软磁性线材（直径D一般为0.5～0.75毫米）制成。也允许用优

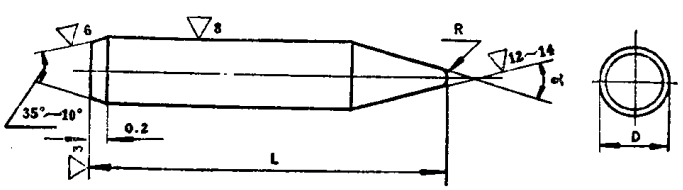


图3—10 仪表轴尖

质高碳钢制成，但应有严格的防锈措施，且应确保无剩磁。淬火后硬度应在R_c58～64之间。

2.轴尖的圆锥体轴线应与圆柱体轴线重合，其偏差不大于0.02毫米。在60倍显微镜下观察，不允许有锥度线的不平直、椭圆度、锥体与球体连接的不平滑等现象存在。

3.轴尖的半球体在60倍显微镜下观察应是圆弧很规正的半球体，曲率半径R应符合要求（万用表一般在0.02～0.05毫米范围内），角度α为50°±5°。

4.轴尖的光洁度，在60倍显微镜下观察，在锥体部分自锥体顶点的$\frac{1}{3}$范围内应达到▽12～▽14，不允许有斑点、划痕和其它缺陷。锥体其余部分的光洁度不低于▽10，但允许有轻度的斑点和划痕。

5.轴尖的圆锥体部分，不直度在5毫米长度内不大于0.02毫米，椭圆度应在直径允许的范围内，不应有裂纹、锈蚀和较明显的划伤和其他缺陷。

6.轴尖在相对湿度为95±3%、温度在25±5℃的条件下放置48小时后不应有锈蚀痕迹（60倍显微镜下检查）。

在仪表修理中，轴尖修理前的检查通常是把整个活动系统置于60倍显微镜下进行的。

轴尖脏物的排除，通常采用的方法如下。

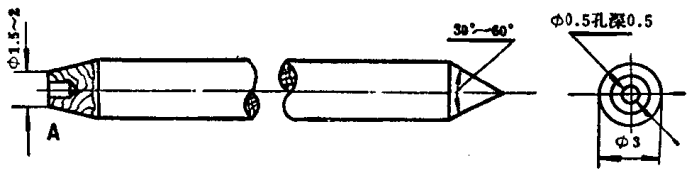
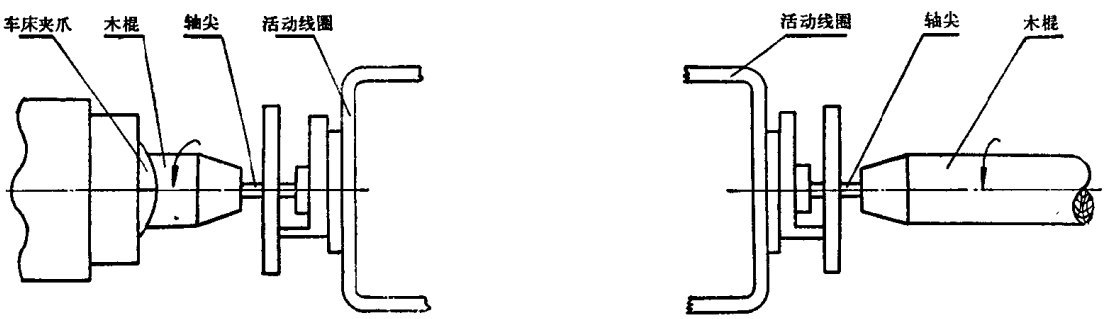


图3—11　木棍加工成形

用木棍（一种市场上供应的专用产品），将其两端削成图3—11所示的形状，在A端面中心用针尖刺一小孔，将轴尖置于其中，对木棍适当加力捻转。而后用酒精棉球擦净轴尖，并采用轴尖刺透香烟纸或泡沫塑料之类的软物质的方法加以清洁。在60倍显微镜下检查若还有脏物可再次照此清除，直至完全无脏物为止。

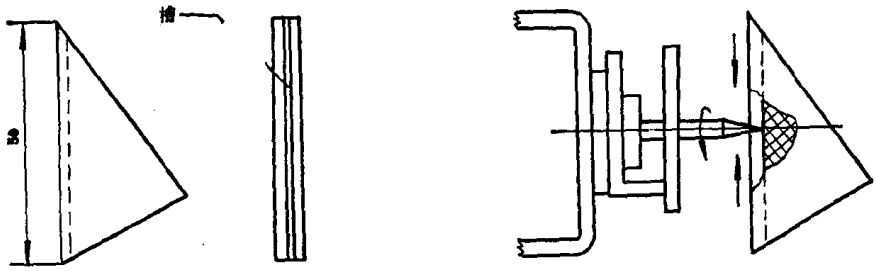


a)机械研磨抛光　　b)手捻转研磨抛光

图3—12　木棍研磨抛光轴尖

轴尖有轻度锈迹、斑点或光洁度不够时，可用研磨抛光的方法排除。常用方法如下：

一种是用按图3—11加工成形的木棍，在A端孔内加适量氧化铬（或氧化铁）抛光剂，



a)牛皮的加工成形　　b)轴尖的研磨抛光

图 3—13　牛皮研磨抛光轴尖

对轴尖进行研磨。木棍可夹持在钟表车床上转动（图 3—12(a)），也可以用手捻动（图 3—12(b)），适当加力研磨数分钟后可达到要求。

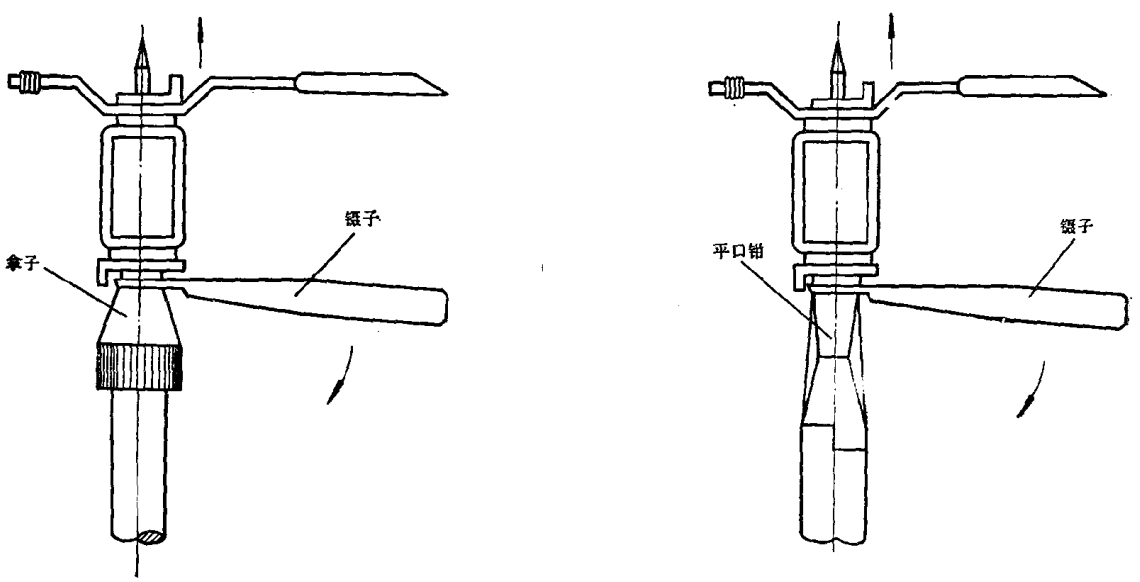
第二种方法是用牛皮研磨抛光。用约 3 毫米厚的硬牛皮，按图 3—13 (a) 加工成长边约50毫米左右的三角形。在长面中心顺长方向开一道槽，深约0.5毫米。在槽内加入适量抛光剂，将轴尖置于槽内均匀转动，同时使牛皮往返运动，如图 3—13(b)，适当加力研磨数分钟后即可达到要求。

为防止游丝的损坏和脏污，事前应将游丝焊下。

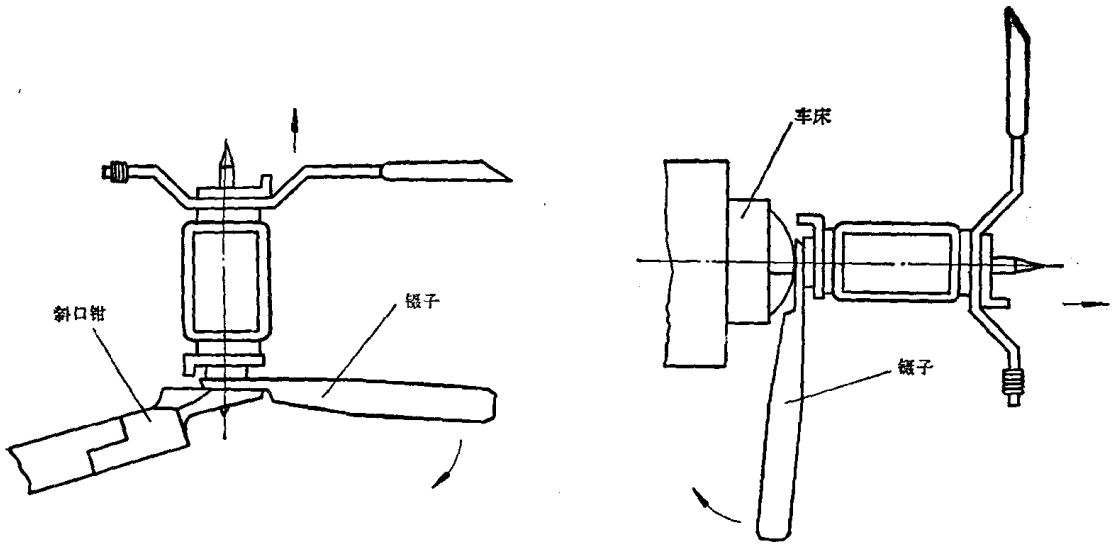
轴尖脏物和轻度锈蚀、斑点、光洁度不够等毛病的排除，都是在事先确认这些故障排除后，轴尖能完全达到要求的前提下进行的。否则应先进行修磨。

修磨轴尖，常见的方法是在钟表车床上进行修磨和手工修磨。前者，修磨容易，效率高，质量好，但轴尖拆装困难。后者，可不拆下轴尖，直接持活动线圈即可修磨，但修磨不易，效率和质量都较前者低。但是，在轴尖特难拔下的情况下，手工修磨却大有优越性。因为特难拔下的轴尖往往需取下轴座冲出。而且活动线圈易于损坏。这在修复中将大大增加工时消耗，这是很不经济的。而在质量上，对于熟练地掌握了手工修磨轴尖技巧的工作者来说是可以达到的。

用车床修磨轴尖，应先将轴尖从轴座中拆出。具体方法如下。



a)拿子拔轴尖　　b)平口钳拔轴尖



c)斜口钳拔轴尖　　d)钟表车床上拔轴尖

图 3—14　轴尖的拔出

拔出法。有的轴尖是轻压配合的，结合不很紧，可用拿子（也叫四瓣夹头）、钟表车床夹头、特制的平口钳、斜口钳等将轴尖露出部分夹紧，而后将特制的镊子楔入轴尖与夹持工具端面之间慢慢撬出，如图 3—14所示。

拔轴尖用的镊子、斜口钳和平口钳，均需加工改制。

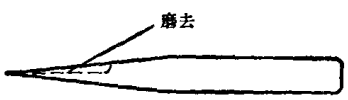
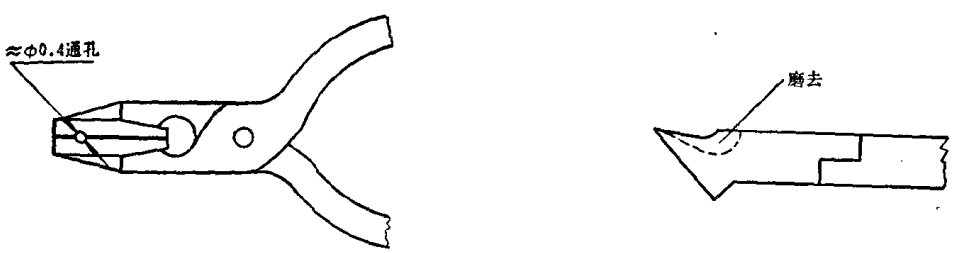


图 3—15　拔轴尖专用楔形镊子的改制

镊子的改制。选一把硬度和强度较高的纲镊子，按图 3—15所示，将其尖部用砂轮磨去宽度的 1/3 左右，使其变成长约 30 毫米的楔形，磨面平正，无毛刺。磨时要防止退火。

斜口钳的改制。选一把 4～6 吋的斜口钳，将其剪刃磨平，密合性要好，在两夹持面的同一位置开半径为0.2毫米的半圆槽如图 3—16(a) 所示。



a)斜口钳开孔　　b)钳背磨去

图 3—16　拔轴尖专用斜口钳的改制

而后按图 3—16(b) 所示将钳口背部磨去（图中虚线所示部分），以防拔轴尖时碰坏游丝。

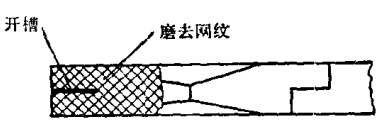
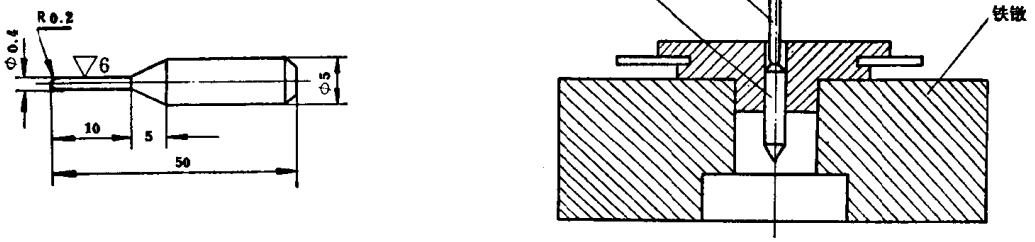


图 3—17　拔轴尖专用平口钳的改制

平口钳的改制。选一把 4～6 吋的平口钳，将夹持面网纹磨去(磨后密合性仍应良好)，而后在钳口端部两

夹持面的同一位置上开半径约为0.2毫米的半圆槽，如图 3 —17所示。

冲出法。有的轴尖是紧压配合的，轴尖与轴座结合得很紧，很难拔出。对于这类轴尖可用特制铳子冲出，如图 3 —18所示。它是将轴座从活动线圈上取下（特别要注意保护活动线圈绕组及其端头），置于铁镦的适当大小孔内冲出的。



a)特制轴尖铳子　　b)轴尖的冲出

图 3 —18　轴尖的冲出方法

轴尖拆出后，若有锈蚀应先在车床上用牛皮研磨抛光的方法除尽整个轴尖锈迹，并使圆柱部分的光洁度等达到要求，而后方可磨尖。在车床上磨尖时须严格掌握如下要领：

（1）轴尖在车床上必须夹持很紧，露出1/2长度。

（2）轴尖夹紧后不应有径向跳动，否则磨出的轴尖锥体与圆柱部分的偏离将大于0.02毫米。为此，磨尖前应先反复细致的校正轴尖，直至确认无径向跳动为止。造成径向跳动的原因是车床精度不够，夹爪内有脏物，轴尖不直等。车床不良是不能用来磨轴尖的，即使是精良的车床也需除尽夹爪内的外来物、以保证夹持件无径向跳动。不直的轴尖可用平板压住碾直。

（3）油石（一种专供仪表用的三角油石）磨面应平直，不能有缺裂、凹坑或深槽等毛病（如有此类毛病可用粗油石或金刚砂磨平）。

（4）油石平面线与轴尖轴线之间的夹角应为所磨轴尖锥角的 1/2，油石在磨尖时的往返运动中必须保持其夹角不变（油石要拿稳，以中指和无名指托住）。否则轴尖锥面线的不直度和锥角的大小达不到要求。

（5）油石磨面应加适量机油。磨尖时不得用力过大，以免锥尖出现深旋槽或油石滑出轴尖造成轴尖锥峰折断。

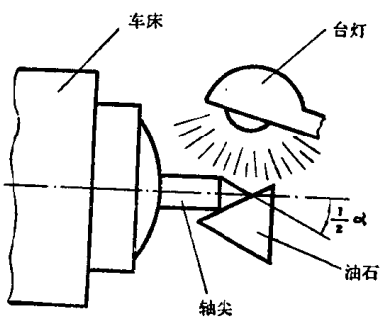


图 3 —19　车床修磨轴尖

磨轴尖应在充足的光线下戴上放大镜进行。光源最好用有灯罩的台灯，以便将光线调节在轴尖前面，而不照在轴尖上或轴尖与工作者之间，达到能准确观察和修磨以及纠正修磨缺陷等目的，如图 3 —19所示。第一步是磨好锥尖。锥尖磨好后应置轴尖于60倍显微镜下仔细检查。除光洁度和曲率半径外，其他要求均应满足。第二步是球体成形和抛光。用牛皮研磨抛光法。球体是在研磨抛光的过程中自然形成的，无须

特意加工。研磨时间长则曲率半径大。研磨抛光时必须注意三个问题：一是开始时不能用力过大，否则容易折断尖峰而不能获得优良的球体和高的光洁度；二是要勤加抛光剂以求锥面高度光洁；三是要勤检查，以免球体过大。

必须指出，轴尖的曲率半径不可任意改变。太小了将使轴尖承受更大压力，球体容易产生变形而增大摩擦力矩，减少仪表使用寿命，而且增大了轴尖在轴承中的径向偏摆范围而使仪表增大倾斜误差。太大了将增大轴尖转动的摩擦力矩而使仪表摩擦误差增加。轴承曲率半径与轴尖曲率半径之比为：

$$n = \frac{R}{r} \qquad (3-1)$$

式中：R——轴承曲率半径；

r——轴尖曲率半径。

一般仪表n取3～5之间，有的水平使用的仪表为减少倾斜误差也有取2的，但最低不能小于这个数值。轴尖工作部分的表面光洁度必须达到要求，最劣不能低于▽12，否则将增加轴尖转动的摩擦力矩。因此，上两项性能是贯穿轴尖整个修理过程的中心问题，必须注意。

修理后的轴尖，应在酒精中洗涤，并用干净绸布擦拭干净。置于60倍显微镜下检查必须完全达到要求。轴尖角度和曲率半径的检查，可用专用的测量尺（图3—20）测定，也可用样品比较。对于有丰富经验的工作者，凭经验判定也是完全可靠的。轴尖经检查合格后，球体不得承受任何碰撞和压力，严禁手触和其它腐蚀性物质的侵袭。

轴尖的安装。用拔轴尖专用的平口钳、斜口钳或密合性好的普通平口钳夹住轴尖，垂直插入轴座孔内紧压至原来位置。要结合紧实，用镊子摇拔时不应脱出。若结合不很紧实，用镊子夹住加少许力就能拔出，应先在轴尖孔内加适量软膏状（用酒精稀释）的虫胶，然后将轴尖装入，在烙铁咀上对轴座加热，使酒精蒸发虫胶凝固（至冒泡停止时止）。加热时应用镊子夹住轴尖以防其退火，并紧压入以防其松动（图3—21所示）。但加热时间不能过长，胶液不得粘在轴尖上。有明显松动的轴尖在装配中不允许采用这种方法。

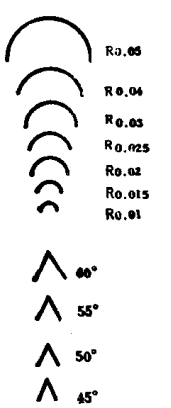


图3—20　轴尖曲率半径和角度测量尺

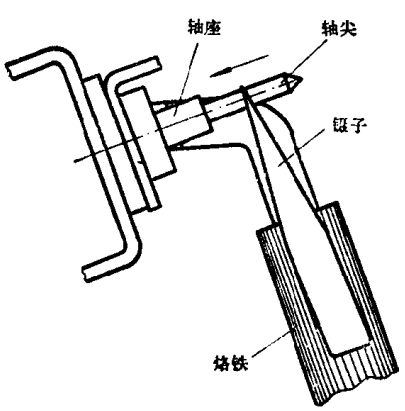


图3—21　轴尖的装配

轴尖如有明显松动，应用专用铳子铆紧（图3—22所示）。铆时需将轴座置于平台上进行，不得碰撞轴尖。

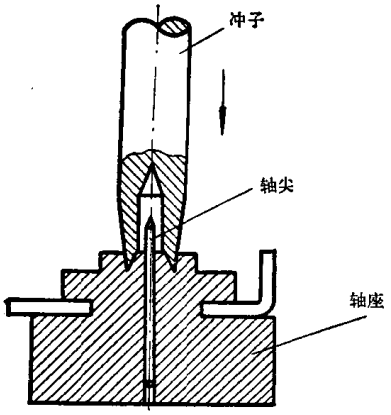


图 3 —22　轴尖的铆紧

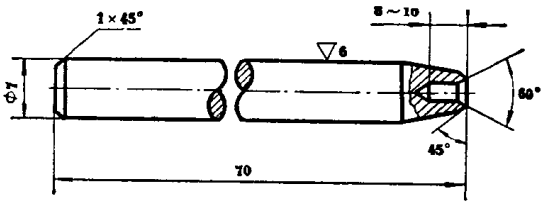


图 3 —23　轴尖专用铆铳

轴尖专用铆铳如图 3 —23所示。铆孔内径可参考表 3 — 1 选用或者用下列经验公式选取：

$$\phi = \frac{D-d}{4} + d \qquad (3-2)$$

式中：ϕ ——铳子铳孔直径；

D——轴尖座最小圆柱直径；

d——轴尖直径（轴尖孔直径）。

由于轴尖直径存在着差异，因此铳子的孔径也应做成不同规格的。

表 3 — 1

轴尖直径（毫米）	选用铳子孔径（毫米）
0.4	0.5
0.45	0.55
0.5	0.6—0.65
0.6	0.7—0.8
0.7	0.8—0.9
0.8	0.9—1.0

手工修磨轴尖。在没有钟表车床和某些特殊情况下，常采用手工修磨轴尖的方法。这种方法要求熟练的操作技术，并要特别细心。其关键是磨好锥体。在修磨前，先用胎具（长、宽与活动线圈内孔相等，厚度约大0.5毫米，用木质做成，如图 3 —24所示），填入活动线圈内，如两侧有缝隙应用纸填实。然后用左手姆指和食指夹住活动线圈，并用中指托住；右手持稳油石，戴上放大镜（寸镜），在充足的光线下细心修磨。必须注意如下要领：

（1）油石磨面应平直，不得有凹坑、缺裂和磨槽；

（2）油石磨削面应涂以适量滑油；

（3）磨尖时应确实看准油石的平面与轴尖锥面平行吻合，不得有任何夹角。若轴尖锥面不直或需改动轴尖角度时，应取好油石平面与轴尖轴线之间的夹角（轴尖锥角的1/2）并保持其角度不变；

（4）油石要持稳，往返运动均匀，用力不得过大；

（5）轴尖要慢而均匀地转动，如需停顿必须记住位置，停顿后的磨削应从停止线开始；

（6）轴尖磨一周后应置于60倍显微镜下检查，直至锥体正、锥度线直、锥角锋利、无深旋槽、不是椭圆锥体时为止。

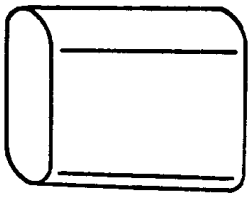


图 3—24
手工修磨轴尖用活动线圈胎具

手工修磨轴尖很容易产生椭圆。这种毛病只有在显微镜下转动轴尖从不同角度观察才能清楚发现。如有椭圆，则应在椭圆的最大直径两锥面同时磨去一部分，而后再沿锥面均匀磨削一周或两周，再置显微镜下检查。如此多次直至锥尖磨好为止。手工修磨轴尖时，表面光洁度和曲率半径的大小是用牛皮研磨抛光法获取的，如前所述，不再重复。

手工修磨轴尖时，指针、游丝及其焊爪、平衡体等对操作有所妨碍，并且容易碰伤，可将这些零件稍加拨动，游丝可先焊下。待轴尖修好后再焊好游丝，拨正指针等。

三、轴承的修理

电工测量仪表用的轴承一般分为锥形轴承和球形轴承两种。其形状尺寸如图 3 — 25 所示。现作如下说明：

1.轴承应用玛瑙或刚玉制成。其硬度玛瑙不低于莫氏硬度6.5个单位，刚玉不低于莫氏

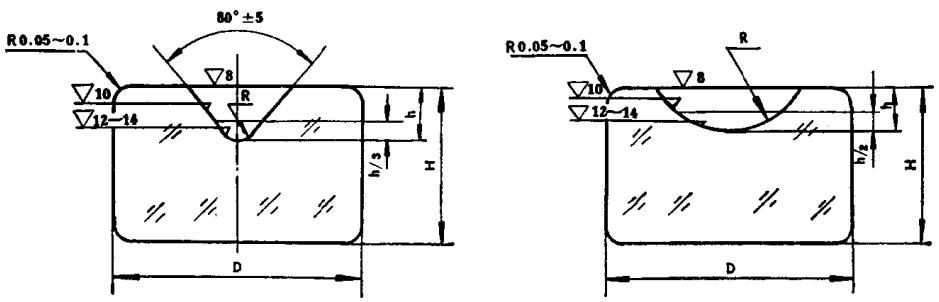


图 3—25　仪表轴承

硬度 9 个单位。允许用其它材料制成，但硬度不应低于玛瑙或刚玉。轴承的质地应均匀，不应有杂质、气泡、砂眼和裂纹。

2.轴承凹顶对圆柱体轴线偏心不大于0.03毫米，凹口对圆柱体外径的偏心及凹的椭圆度不大于0.05毫米。

3.轴承圆柱体的锥度和椭圆度不得超过其外径允许偏差的1/2，上下端面的不平行度不大于0.03毫米，下端面与圆柱中心线不垂直度不大于 1 °。

4.锥形轴承自锥形凹顶算起$\frac{1}{3}$h部分，球形轴承自球凹顶的$\frac{1}{2}$h 部分的表面光洁度，不应低于▽12或▽14，放大32倍（对14级光洁度放大56倍）的情况下，不允许有看得见的加工痕迹、斑点、裂纹、划伤和凹坑。其余部分表面光洁度不低于▽10，放大16倍下不得有看得见的加工痕迹、斑点、裂纹、划伤和凹坑。

5.轴承非工作面，允许有深度及宽度不大于0.1毫米的损伤。

6.轴承自凹顶算起的$\frac{1}{3}$h（锥形）或$\frac{1}{2}$h（球形）的部分，不允许有几何成形线的不直性，不平滑性和椭圆面存在。

在仪表修理中，轴承质量的检查常用显微镜观察法和针尖探查法。检查之前应除净凹中脏物，其方法是用特制木棍（见图3—11）尖端置于凹中捻转，而后用精馏酒精棉球擦净。

针尖探查法。用尖端很锋利的钢针，在轴承凹中轻轻划动。当有斑点、裂纹、划伤时，针尖受到阻挡，手有感觉。当轴承长期工作磨损时，针尖在凹中起伏运动，手亦有感觉。这种方法要求工作者要特别细心，感觉灵敏。质量好坏全凭针尖的锋利，手的感觉和工作者经验来判断。划动时不能用力过大，以免划伤轴承，压坏针尖。有时是轴承松动误认为是轴承不好（因感觉近似），须特加注意。轴承的松动是用钝针尖或细的镊子尖置于凹中摆动进行检查的，此时手有松动感觉，同时在灯光下可以见到轴承凹口端面的反光有晃动。严重松动的轴承，将轴承螺丝倒转使轴承向下，轻敲轴承即能脱出。

观察法。把轴承置于60倍显微镜下，慢慢调节镜头观察轴承凹，看其是否有斑点、缺损、裂纹、划伤和磨损以及其它脏物等。这些缺陷均显现为暗影。好的轴承凹中光泽均匀、晶明，合乎图3—25所示及其说明之要求。

在仪表修理中，轴承除有脏物外的其它故障一般不易采用修理措施加以排除，而是挑选一良好的同型轴承更换。其更换方法是：用尖锍子将原轴承砸碎（敲击不能过重，以免轴承螺丝变形）除净其碎粒，将事先选好的合格轴承嵌入轴承螺丝孔内。然后用镊子夹紧（要注意不要用力过大，以免夹碎轴承）轴承螺丝孔口外棱，镊子和轴承螺丝作相对旋转，使金属压延卷边，固紧轴承，如图3—26所示。如有钟表车床，可将轴承螺丝夹持在车床夹爪上，开动车床，用镊子握柄平面挤压轴承螺丝孔外棱，使之卷边将轴承固紧，为防止轴承螺丝被夹坏，轴承螺丝应用软质材料包住，而后再夹上。还需注意夹持力不能过大。

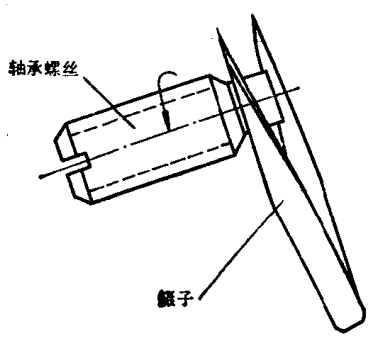


图3—26　轴承嵌固

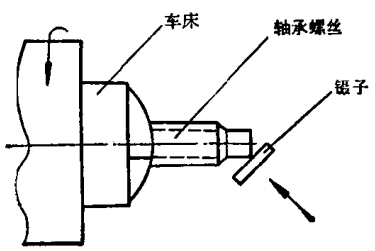


图3—27　用车床紧固轴承

轴承也可以用特制球孔冲子在车床上或铁墩上紧固，如图3—28所示。冲子工作孔是一个半球形凹，其直径比轴承固定孔端部外径稍大（约$1\frac{1}{3}$）。紧口时冲子应稍加绕动，敲击力和压力均不能过重，以免损坏轴承。

轴承松动，并非轴承不良，只需卷边紧固即可。

在仪表修理中，有时不具有同类规格的轴承，这时可取用外径稍小的轴承代用。嵌装时

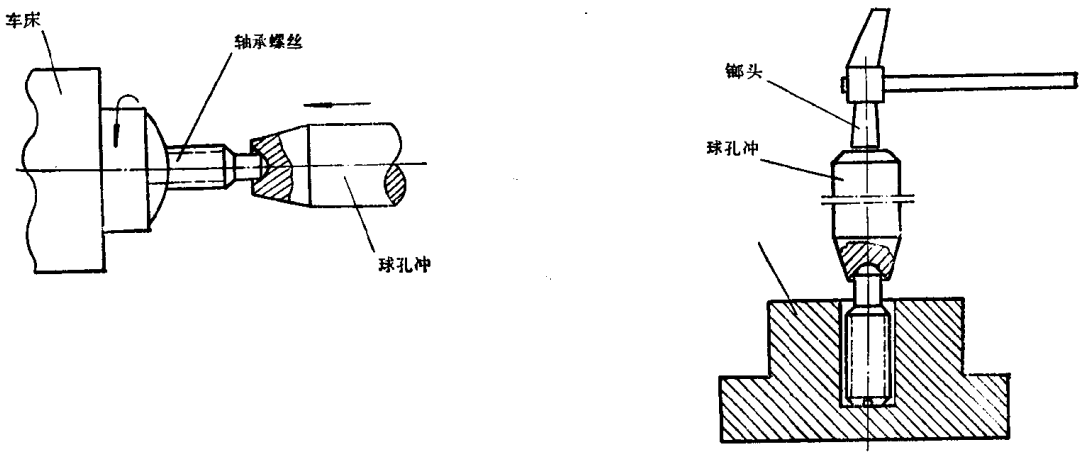


图 3—28　球孔冲紧固轴承

可用适量厚度的铝箔，割成宽约为轴承高度两倍的的带，根据情况卷成单层或多层的截锥形的圆筒，置于轴承螺丝孔内，而后将已选好的轴承置于其中摆正用镊子柄压入，去掉铝箔毛刺即可。轴承压入时应在凹口端面垫上软质材料（如纸等），如图 3—29所示。轴承严重松动时，根据情况也可采用此法紧固。由于用软材料填充空隙，轴承紧压入，结合很紧，故勿需再卷轴承螺丝孔口棱边。

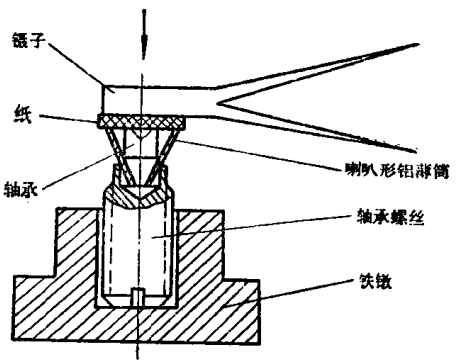


图 3—29　代用轴承的嵌装

四、轴隙的调整

调整好轴隙是很重要的。轴承间隙过大将增加轴尖在轴承中的位移，缩小活动线圈等与周围零件之间的间隙而增加机械摩擦的可能性，同时还增加倾斜误差。轴承间隙太小，由于温度的影响将造成轴隙过小，增大摩擦误差，甚至使轴尖承受压力而变形，严重的将造成活动部分不能转动。

轴隙就是轴尖与轴承之间必需保持的一个极小间隙。当仪表处在水平位置时，间隙存在于上轴尖与上轴承之间，其值约在0.03～0.08毫米范围内。在实践中，一般凭感觉和经验来判断。当轴隙调定后，将仪表水平放置使轴尖垂直于水平面，而后用如下三种方法来确定：一是对测量机构轻加振动时，指针有明显的弹动；二是当活动部分轻轻上下活动时，视觉和手觉都感到有一微小而明确的间隙；三是当指针尖在水平的基础上作上下起伏运动时，与刻度盘之间的间隙有明显的变化。合适的间隙全靠工作者的经验来判断和取定。轴承间隙的调整是慢慢拧动轴承螺丝使轴隙从大到小来达到的。因为任何轴承螺丝的螺距大于0.03～0.08毫米这个数值，所以拧动轴承螺丝时只能拧转很小的角度（一般1/4周），而且当轴隙越接近调好时拧动的角度越小（1/8周）。边调整应边试验，认定调好后应将轴承螺丝定位，并将轴承螺帽固紧。

对于可拆卸的支架，调整轴承间隙之前应将轴承座板紧固。在调整轴隙中，不得有任何

一次轴隙值等于零的时候，严禁将轴隙调至零值而后再将轴承螺丝拧出一点的方法来取轴隙。总之，既要轴隙良好，又要不使轴尖受压变形。

五、摩擦误差的试验

仪表的摩擦误差，在国家规定的技术文件中没有单独的要求，它是通过仪表的升降变差、指示器不回零位而体现其要求的。

在仪表修理中，为能保证仪表的升降变差和指示器不回零位的指标达到要求，通常都对摩擦误差单独进行工序试验。试验方法有两种，一是将仪表接入电气线路中，调节电流使指针慢而平稳地上升或下降到刻度的某一点稳定下来，然后用手指轻敲仪表壳体，看指针突变位移的大小。这个振动后立即产生的突变位移主要是轴尖与轴承的摩擦产生的，即摩擦误差。另一种方法是按《通用技术条件》第114条规定，自零至满度而后自满度至零逐点测出仪表刻度各数字点的升降变差，其中最大的变差之半即为摩擦误差。

必须指出，由于轴尖和轴承摩擦而引起的指针不回零值，在仪表断电后加以轻敲，指针将产生突变位移而回零。若在断电后加以轻敲不回零但过数分钟却自然回零，则不是因摩擦而产生的指针不回零值，而是由于游丝弹性后效产生的指针不回零值，唯一排除方法是更换游丝。刚修理好的仪表，升降变差在GB776-65所规定允许值的50～70%范围内，指针不回零值在允许值的40～50%范围内为宜，否则应重行修理。

在试验中应当注意仪表的工作位置。水平使用的仪表只在水平位置试验；垂直使用的仪表只在垂直位置试验；水平和垂直位置都使用的仪表两个位置均应试验；特殊工作位置使用的仪表应在其特定位置试验。

3—3 倾斜误差和不平衡误差的排除

一、倾斜误差和不平衡误差产生的原因

仪表轴尖的曲率半径永远小于轴承的曲率半径，同时轴尖与轴承之间存在着间隙。当仪表在规定使用位置的基础上向某一方向倾斜后，活动系统重心的改变将使轴尖在轴承中的位置发生偏移，致使指针也跟着产生偏移。指针的这种位移叫做倾斜误差。水平使用的仪表比垂直使用的仪表更为突出。

仪表产生不平衡误差，主要是活动系统以轴尖为支点的配重力矩不平衡所致。这是由于一方面活动系统不可能作到绝对对称，另一方面仪表在长期工作中，活动系统受到过载冲击而变形，吸水性强的物质吸入一定的水份，配重锤未固牢而产生位移或脱胶，轴尖和轴承松动，倾斜误差过大等原因产生的。仪表有轻度的机械摩擦或有严重的摩擦误差，也将给仪表的平衡性带来危害。仪表的不平衡性对垂直使用的仪表将带来严重的误差，而水平使用的仪表则影响较小。

二、倾斜误差的排除

仪表的倾斜误差想要完全排除是不可能的。但将其调到很小，而达到仪表等级的要求则

并不难实现。基本措施有三个：（一）轴尖选取较大的曲率半径；（二）轴承选取较小的曲率半径；（三）缩小轴尖与轴承之间的间隙。但是轴隙不能过小，一般不得小于0.03毫米（见轴隙的调整）。轴尖的曲率半径也不能过大，轴承的曲率半径也不能过小，相互有一定关系（见轴尖的修理），否则将影响仪表其他性能。

在仪表修理中，为了不致经修理使倾斜误差增大，在修理轴尖和更换轴承时必须充分考虑到轴尖曲率半径和轴承曲率半径之比值大小。而轴隙的调整则不致在热影响下造成轴隙的实际上不存在或使轴尖受到压力的前提下尽可能调得小些。

三、不平衡误差的排除

不平衡误差的排除是通过调整配重锤来实现的。调整平衡时应注意以下几点：

（1）严禁用铁磁物质作配重体；

（2）严防游丝脏污、粘连和变形；

（3）严防轴尖承受任何可能造成变形的压力；

（4）配重体要牢固；

（5）仪表无机械摩擦，摩擦误差良好；

（6）尽量以减少配重物的方法调整好平衡，力求避免增加配重物；

（7）增加配重物时应力求体积小，不得与周围零件摩擦；

（8）增加的配重物不得加在活动线圈上。

调整平衡的方法，随配重架的形式不同各有差异，分述如下。

1.“十”字形配重的调整

如图3—30所示，三个配重杆和指针互成90°角构成“+”字形，有a、b、c三个配重锤，调整步骤如下：

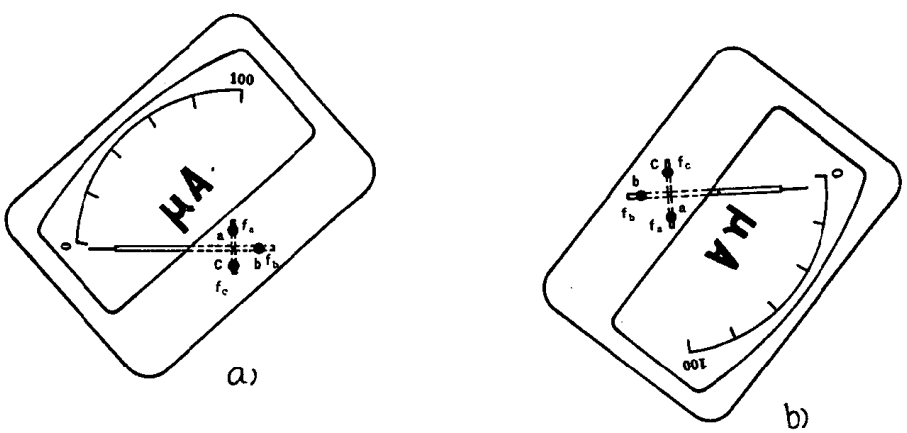


图3—30 “十”字形配重的调整

（1）将仪表水平放置，调整好零点；

（2）将仪表垂直放置，转动仪表使指针向左保持水平（如图3—30(a)）。若指针偏离零点向下，则配重力矩f_b过小，此时应增大配重锤b的重量或将其外移（背轴心）使指针正好在刻度零点。若指针偏离零点向上，则配重力矩f_b过大，此时应将配重锤b向内移（向轴

心方向）或减少其重量，使指针正好在零点。而后转动仪表使指针向右保持水平（如图3—30(b)）进行复校，若指针发生偏离，应调整配重使指针指在偏离值的1/2处。配重力矩的调整则与初调时相同。这一步调整a和c锤均通过轴心垂直于水平线，故对平衡无影响。

（3）仪表仍垂直放置，转动仪表使指针垂直向上（如图3—31(a)）。若指针偏离零点向右，则$f_a > f_c$，此时应将c外移或将a内移，或者减少a锤重量或增加c锤重量，使指针正好在零点上。若指针偏离零点向左，则$f_c > f_a$，此时应将a外移或将c内移，或者减少c锤重量或增加a锤重量使指针正好在零点。然后转动仪表使指针垂直向下（如图3—31(b)）进行复校，若指针发生偏离，应调整配重锤使指针指在偏离值的1/2处。配重力矩的调整则与初调时相同。这一步的调整指针和配重锤b均通过轴心垂直于水平线，对于平衡无影响。

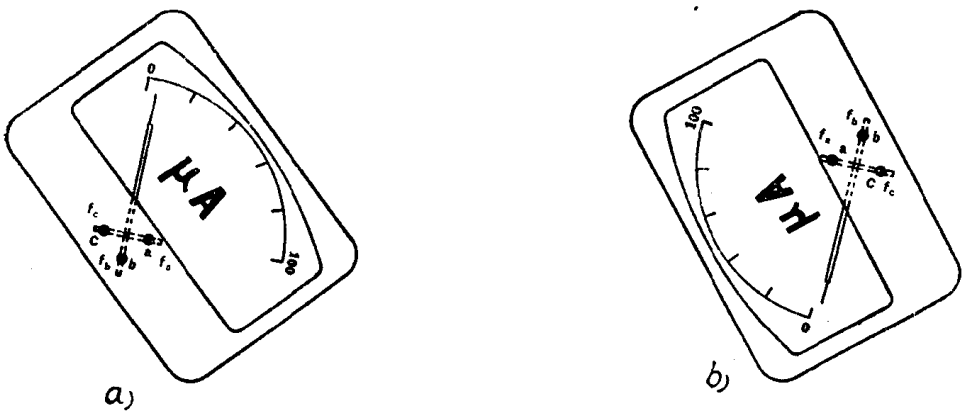


图3—31 “十”字形配重的调整

2.夹角等于90°的“V”形配重的调整

如图3—32所示，两个配重杆之间夹角为90°，分别与指针的夹角对称为135°，有a、b两个配重锤。调整步骤如下：

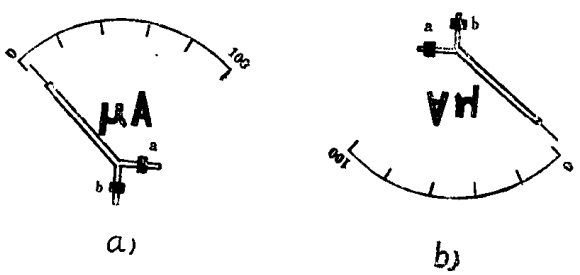


图3—32
夹角等于90°的“V”形配重的调整

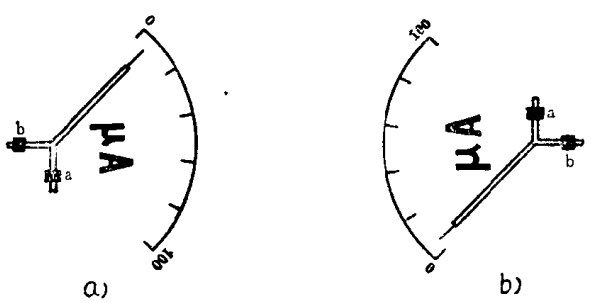


图3—33
夹角等于90°角的“V”形配重的调整

（1）将仪表水平放置，调整好零点；

（2）将仪表垂直放置，转动仪表使配重a向右保持水平（如图3—32(a)）。若指针偏离零点向上，则应减少a锤重量或将其内移。若指针偏离零点向下，则应将a锤外移或增加其重量，使指针正好平衡在零刻度上。而后转动仪表使a锤向左保持水平（如图3—32(b)）进

行复核，若指针发生偏离应调整平衡锤使指针指偏离值的1/2处。配重的调整与初调时相同。这一步调整时b锤是通过轴心垂直水平线的，故不影响平衡。

（3）仪表仍垂直放置，转动仪表使配重锤b向左保持水平（如图3—33(a)）。若指针偏离零点向下，则应增加b锤重量或将其外移。若指针偏离零点向上，则应将b锤内移或减少其重量，使指针正好在零点上。而后转动仪表，使b锤向右保持水平（如图3—33(b)进行复核，若指针发生偏离应调整平衡锤使指针指在偏离值的1/2处。配重的调整与初调时相同。这一步调整时a锤是通过轴心垂直于水平线的，故不影响平衡。

3.夹角小于90°的“V”形配重的调整

如图3—34，两个配重杆夹角小于90°，分别与指针的两夹角对称，有a、b两个配重锤，调整步骤如下：

（1）将仪表水平放置，调好零点；

（2）将仪表垂直放置，转动仪表使指针向左保持水平（如图3—34），判断出指针和配重那个是重端。而后转动仪表使重端垂直于通过轴心的水平线下，判断出a、b两锤谁轻谁重。综合有八种不平衡情况需进行调整。

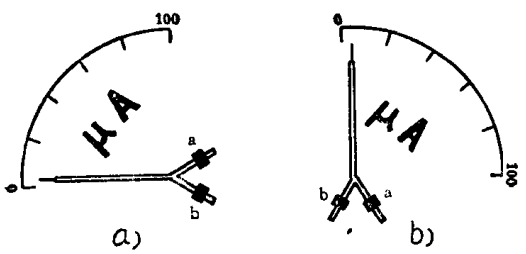


图3—34 夹角小于90°的“V”形配重的调整（之一）

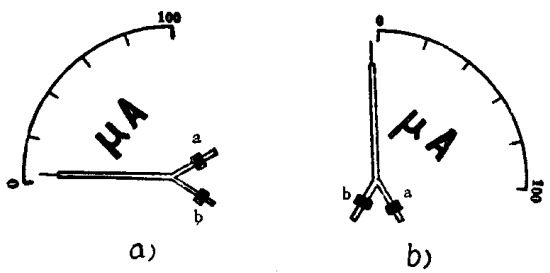


图3—35 夹角小于90°的“V”形配重的调整（之二）

①如图3—34。(a)图指针在“0”上方，配重过重；(b)图指针在“0”右方，右锤a过重。应将a锤重量减轻或向内移，使指针在零点。

②如图3—35。(a)图指针在“0”上方，配重过重；(b)图指针在“0”左方，左锤b过重；应将b锤重量减轻或向内移，使指针在零点。

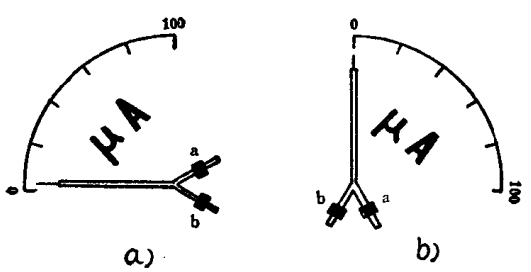


图3—36 夹角小于90°的“V”形配重的调整（之三）

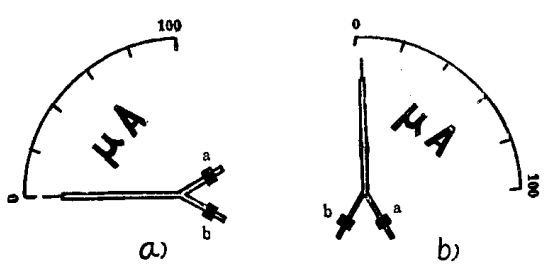


图3—37 夹角小于90°的“V”形配重的调整（之四）

③如图3—36。(a)图指针在“0”上方，配重过重；(b)图指针正好在零点平衡。应将a

锤重量减轻或向内移使指针在(a)图偏离值的1/2处，而后再将b锤重量减轻或向内移使指针正好在零点，两锤调整可先可后。

④如图 3—37。(a)图指针在零，两端平衡；(b)图指针在右，右锤过重。应将a锤重量减轻或向内移使指针在偏离值的1/2处，同时将b锤外移或增大重量使指针正好在零点。

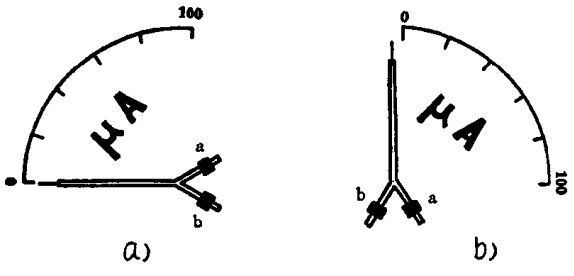


图 3—38　夹角小于90°的“V”形配重的调整（之五）

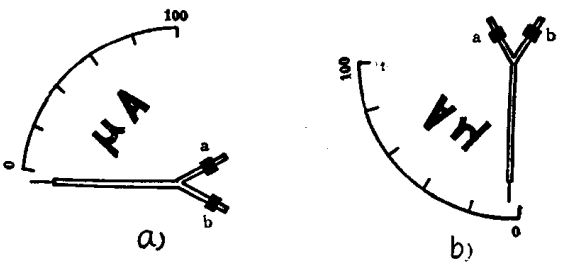


图 3—39　夹角小于90°的“V”形配重的调整（之六）

⑤如图 3—38。(a)图指针在零，两端平衡；(b)图指针在左，左锤b过重。应将b锤重量减轻或向内移使指针在偏离值的1/2处，同时将a锤外移或加大重量使指针正好在零点。

⑥如图 3—39。(a)图指针在下，配重轻；(b)图指针在左，左锤a轻，应将a锤外移或增加重量使指针正好在零点。

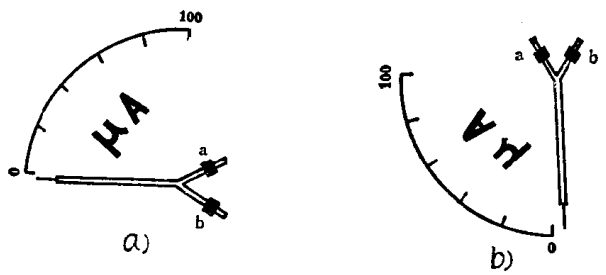


图 3—40　夹角小于90°的“V”形配重的调整（之七）

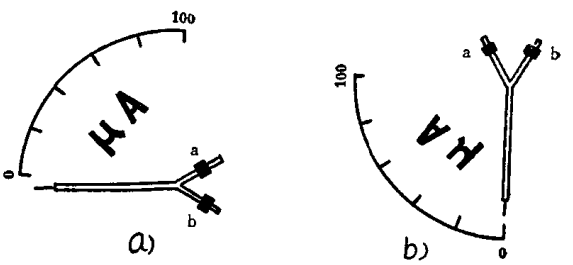


图 3—41　夹角小于90°的“V”形配重的调整（之八）

⑦如图 3—40。(a)图指针在下，配重轻；(b)图指针在右，右锤b轻，应将b锤外移或增加b锤重量使指针正好在零点。

⑧如图 3—41，(a)图指针在下，配重轻；(b)图指针正好在零点平衡。应将a锤外移或增加重量使指针在a图偏离值的½处，同时将b锤外移或增加重量使指针正好在零点。

（3）复校。如图 3—42，将仪表垂直放置，转动仪表使指针向右，若指针不在零位应分别调整a、b两锤使指针各缩小偏离值1/4。而后转动仪表使指针垂直向上，指针应指在零点，若不在零点则应再加适当调整，使指针指在偏离值的1/2处。

不论哪种类型配重的调整，都不能一举成功，往往是对某种不平衡状态加以调整之后又

出现新的不平衡状态。因此需要耐心细致地反复加以调整。平衡的调整，以仪表向任意方向倾斜时指针均在零点为最佳。最低要求是按规定角度倾斜时引起的指示变化量不超出仪表等级规定的允许值。否则应重找原因排除故障。

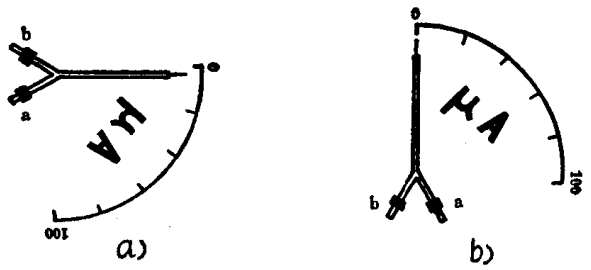


图 3—42　夹角小于90°的“V”形配重的复校

四、倾斜误差和不平衡误差的试验

仪表的倾斜误差和不平衡误差，虽然本质不同，但它们是互有联系的，其表现特点都是倾斜后的指示变化。

试验前应验查仪表静态平衡。即将仪表水平放置调整好零点，而后将仪表垂直放置，转动仪表使指针向左、向上、向右时均应在零点。若有偏离，通常以不大于刻度弧长的 1 %为好。

仪表的不平衡误差试验是将仪表接入电气线路中进行的。水平使用的仪表在水平放置下调好零点再试验；垂直使用的仪表在垂直放置下调好零点试验；垂直和水平两个位置都使用的仪表和未标注使用位置的仪表均应在水平和垂直两个位置下调好零点试验。不平衡误差在刻度的任意一点上均不超过仪表等级规定的允许基本误差值（但要消除变差）。在修理中一般验查1/4、1/2、3/4和满度等四个刻度点即能满足要求。

不平衡误差的确定有两种方法：

1.将仪表放置正常工作位置，调整好零点，测定出各数字点的实际值B（用二次测量法确定，即自零至满度，再自满度至零逐点进行测量，同一点两次测量结果之和被 2 除即得算术平均值，为该点的实际值）。而后按仪表规定的倾斜角度依次向四侧倾斜，在各倾斜位置调整好零点，用同样的方法测定出各数字点在各倾斜位置上的实际值B_1。仪表可动部分不平衡所引起的指示值变化β按下式决定之值不得大于允许基本误差。

$$\beta = \frac{B-B_1}{A_M} \cdot 100\% \qquad (3-3)$$

式中：A_M——仪表满刻度值

一般仪表均倾斜10°(光标指示器和活动部分用吊丝悬挂的仪表只许倾斜 5 °)试验不平衡影响。万用表应按一般仪表要求。用这样方法检查活动部分不平衡的影响，允许只检查刻度的1/2点。

2.对于精度劣于0.5级（包括0.5级）的仪表，不平衡的影响也可用如下方法测定：用一次测量法（上升下降均可）保持待测量不变，轻敲仪表消除变差后将仪表向四侧倾斜到规定角度，看其指示数变化是否合乎要求。用这种方法测定不平衡误差，可按刻度长计算，也可将变化后的指针调节到原有位置再由标准仪表两次指示数之差来决定。

3—4 基本误差的调整

一、基本误差超出的原因

仪表经长期使用或修理后，基本误差一般都比较大，有的大大超出允许值，甚至刻度特性变坏。原因归纳如下：

1.永久磁铁磁性衰退，或磁场特性变化；
2.游丝力矩变化，或其工作特性变化；
3.活动线圈绕组部分短路；
4.指针与活动线圈不垂直，或改变了原有角度关系；
5.轴尖对活动线圈偏心，不垂直，或改变了原有位置；
6.刻度盘与测量机构的相互位置改变，或装得不正确；
7.测量机构各零件安装得不正确，或改变了原有位置；
8.测量机构零件（如支架、极掌）发生变形；
9.活动系统附有铁磁物质；
10.电路不良（如漏电等）；
11.摩擦误差的存在；
12.不平衡误差的存在。

二、调整误差前仪表应满足的要求

1.没有机械摩擦；
2.摩擦误差符合要求；
3.不平衡误差符合要求；
4.游丝没有疲乏现象，没有弹性后效，不偏歪，螺旋规整、清洁；
5.仪表绝缘良好，外部端子极性无误，内部电路良好；
6.仪表阻尼符合要求；
7.仪表内部整洁，元件完好齐全，安装正确，固定牢靠，没有多余物。

三、满度误差的调整

仪表基本误差的调整，必须先将满度点在额定电流下的指示调整到正好，并要保证用磁分路器将误差可调整到正负1—3%左右。

万用表表头一般都是不具有内附分流电路的直通式仪表。调整满度额定电流值的误差实际上就是调整灵敏度。根据公式

$$S_i = \frac{\alpha}{I} = \frac{B_0 \omega S}{9810 W} \qquad (3-4)$$

式中：B_0——磁气隙中的磁感应强度；

ω——活动线圈匝数；

S ——活动线圈的有效面积；

W——游丝反作用力矩系数；

S_i——灵敏度；

α——指针偏转角；

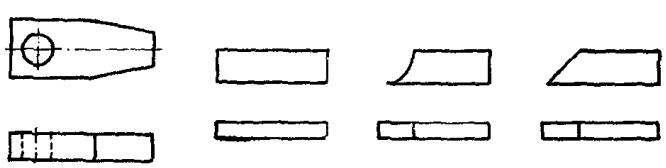
I——全程偏转电流。

可以看出：如果要改变仪表的灵敏度，可以通过改变磁气隙中的磁感应强度、活动线圈匝数、游丝反作用力矩、指示偏转角的大小等来达到。但这些方法各有利弊，应全面考虑正确运用。

改变磁感应强度是调整仪表误差的较合理的方法。仪表满度出现负误差时应增强磁感应强度；出现正误差时应减少磁感应强度。当误差较小时（3％以下），可用仪表自备的磁分流器调整。磁分流器向极掌中心移动，磁分流作用增大而使磁气隙中的磁感应强度减弱，S_i减小。磁分流器背极掌中心移动则S_i加大。有的仪表自身不具有磁分流器，误差为正时可在极掌中心槽外面加上适当大小的软铁片，误差为负时可将原增设的磁分流器（假若有的话）减少或去掉。

仪表满度出现较大的误差用磁分流器调整无法合格时，需对仪表磁铁进行充磁（负误差时）或消磁（正误差时）。

充磁是将磁铁（有时是把整个测量机构）串入充磁机磁路内，磁铁的S极对准充磁机的N极，而磁铁的N极对准充磁机的S极。充磁机电磁线圈通电后即产生强力磁场对磁铁进行磁化，而使磁铁获得更强的磁性。联接处应尽量在磁铁的两极端，不偏歪，不接反极性，以免充不上磁。为了保证被充磁的磁铁与充磁机磁路接触良好（减少磁阻）。充磁机的极铁应作成楔形，并能转动，另外还具有各种平面和弧面的辅助联接铁，如图3—43所示。为了保证磁铁充分磁化，充磁机的磁场强度要求足够大，一般充磁的磁场强度应大于被充磁的磁铁的矫顽力5～7倍，约为3000—5000奥斯特。目前磁性材料的发展很快，磁钢的矫顽磁力很大，可达3500奥斯特或更大，这就要求充磁设备也要不断地改进。



a)充磁机极铁 b)平面联接铁 c)弧面联接铁 d)斜面联接铁

图3—43 充磁机磁路极铁和各种辅助联接铁

充磁机的结构原理有多种多样。结构简单、制作容易、效果较好的如图3—44所示。在两个软铁心上各绕有一个线圈，在铁心两端是两个用螺帽固紧的活动极铁，电源为直流，可用交流整流，也可用其它直流电源。

另一种简易充磁机，如图3—45所示。它仅仅是一个控制电路。当K_1、K_2接通后，继电器K300即工作，充磁电路接通，充磁线圈通过电流产生强力磁场将磁铁磁化而增强磁性。R为限流电阻。电源可用交流整流、直流发电机或蓄电池。充磁电流为250～300安。充磁前，先用直径0.8毫米左右的漆包线（3～5股并绕）在磁铁上缠满线圈（一般为20圈左右，尽量

多绕），线圈与磁铁要绝缘良好。根据指南针显示的极性，用右手螺管定则判断出充磁线圈应通入电流的方向。而后将充磁线圈接入电路，使通电后线圈产生的磁场方向与永久磁铁的磁场方向一致，防止接反，并保证接触良好。充磁时通电2—3次即可，每次通电时间要短，约0.3～0.5秒，间隔时间要长一些（2～3秒）。充磁完毕马上把磁铁投入水中冷却，最好把磁铁置于纯净水中进行充磁。

磁铁经充分磁化后，仪表一般都多指10%以上，最大达30～50%。余磁应用消磁机退去，这一方面是使仪表指示准确，另一方面则是使磁性稳定。

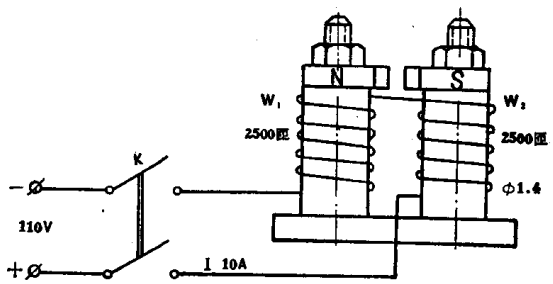


图3—44　直流充磁机

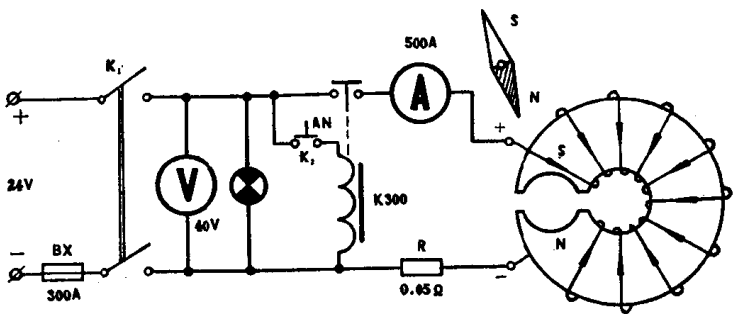


图3—45　简易充磁机电路原理

消磁机如图3—46所示。电源为220伏50赫，JB是降压变压器，TB是调压器。L是消磁空心线圈，通电即产生交变磁场。

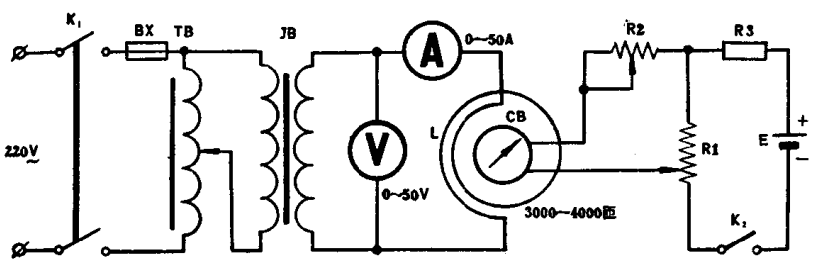


图3—46　消磁机原理及其消磁方法

消磁时先将被消磁的仪表通以额定电流，置于消磁线圈中。而后接通消磁电路，调压器应先放于零电压位置，然后慢慢调高电压，使仪表指示慢慢退到刻度的满度点。最好保持+1～+3%的误差，再配合磁分流器将仪表误差调整合格。

改变活动线圈匝数也是改变仪表灵敏度、调整误差的方法之一。需要提高仪表灵敏度的仪表，重绕活动线圈时其匝数可按下式算出：

$$W_2 = \frac{I_1}{I_2} W_1 \qquad (3-5)$$

式中：I_1——原有满偏转电流；

I_2——重绕线圈后的满偏转电流；

W_1——原有线圈匝数；

W_2——重绕线圈匝数。

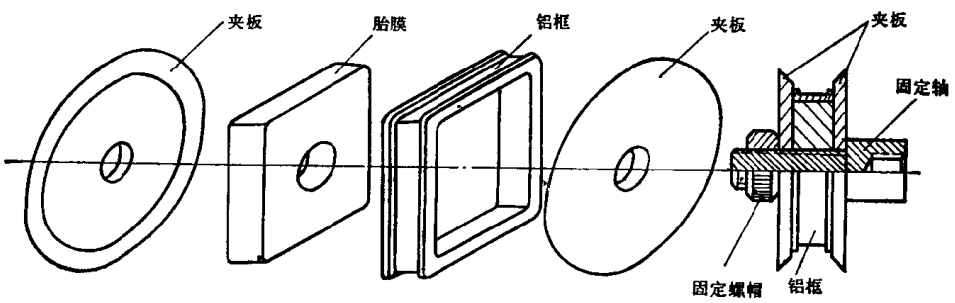
改变仪表灵敏度需将线圈匝数改变、活动线圈断路或短路无法修理合格时，都得重绕活动线圈。因此活动线圈的绕制是很重要的，而且修理中经常遇到。

活动线圈的匝数可由原线圈查得，将原绕组切断（注意勿损框架）查其根数便是。对无框架线圈要分清阻尼线圈。线径用千分尺测得。若线径和匝数无误，内阻必是正确的。有的活动线圈胶合很结实，可在香蕉水（或酒精、丙酮等）中浸泡数小时，而后搓揉松散再查数。

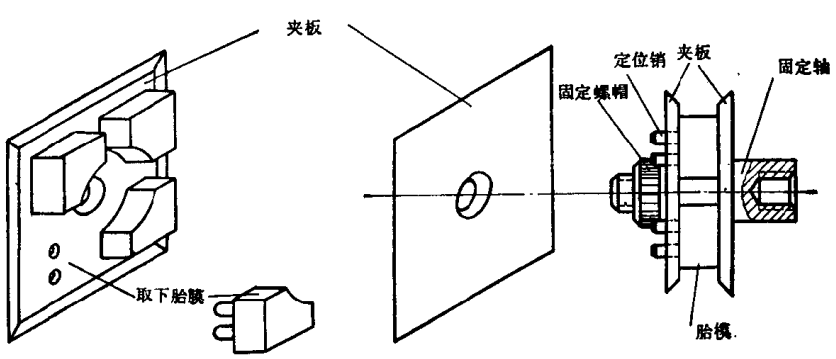
若内阻要求不严，当无原有规格导线，或为提高灵敏度而重绕线圈时，线径可取用得稍小些。

活动线圈有两种结构形式：有框架式和无框架式。有框架式仪表框架就是阻尼器，无框架式活动线圈的阻尼器是专门绕制的数匝闭合线圈。

活动线圈的绕制是在专用模具上进行的。模具结构形式如图3—47所示。模具不得有毛刺，工作面光洁度要高(▽7～▽8)，并要镀铬抛光。无框架活动线圈模具的夹板和胎模配合面之



a) 有框架活动线圈绕制模具及其与框架的安装



b) 无框架活动线圈的绕制模具及其安装

图 3 —47 活动线圈绕制模具

间隙不得大于0.015毫米，胎模外部尺寸应和线圈内孔尺寸一样。配合松紧要合适，能保证线圈几何形状和尺寸不致改变。定位销应比夹板厚度大0.5～1毫米。绕线机必须具有自动记数器，转速比不得大于1:3，转动应很灵活。

活动线圈的绕制工艺如下：

（1）绕制前应除净框架上的残存胶渣和线段。框架和线槽棱边变形应加以矫正，在线框槽表面涂上一层绝缘漆或粘上一层电容纸，以保证框架和线圈绕组之间有良好的绝缘。

（2）将胎模装入框架内，连同夹板在固定轴上装正装紧（有的框架强度较高，可不必加胎模，这时不宜装得过紧，以免造成框架变形）。

（3）无框架胎模应彻底除净脏物，组合在固定轴上装正装紧，并保证胎模与夹板之配合间隙不大于0.015毫米。

（4）框架、无框架活动线圈的绕模，装在绕线机上不得有松动和偏摆。

（5）用来绕制活动线圈的漆包线和骨架的总重量不能过大，否则绕线时会断线。为此，可将漆包线倒在较小的线圈骨架上使之重量减轻，或在线轴孔加滚珠轴承。为克服惯性，绕线转速不能大，保持线轴上倒下的线速度与绕在线圈上的线速度相等。必要时还需对线轴施以合适的摩擦力，使之既不产生大的惯性，又不使导线拉断。

（6）在绕无框架阻尼线圈时，先在绕模胎上紧绕一层宽度与绕线槽相等的电容纸，在电容纸上涂一层薄而均匀的胶合剂（万能胶、赛璐珞胶均可），再绕上一层电容纸，并贴实。然后按原查得的阻尼线圈资料绕好阻尼线圈，将两端头在活动线圈的上或下处短路焊接（焊接点要小而平滑绝不许可有毛刺，线匝不松弛），使线圈成一闭合环路。最后在阻尼线圈绕组上刷一层胶合剂，再粘一层电容纸，贴实。

（7）绕主线圈时，先将线头缠在绕线机线轴上，用一小块胶布粘住，把导线引入线槽内，再将绕线机记数器各位数字都调到零，然后即可进行绕制。绕制中扶线用力不能过大，只需用指尖扶住即可。绕线机转速不能过大，起始转速要特慢，而后再逐渐增快，停顿时要慢慢减速至停止。扶导线的手要左右均匀移动（注意勿将导线移出线槽），使导线均匀排列。绕得好的线圈排列不成网状，无凸凹，表面成一弧形，如图3—48所示。每绕一层应涂上一层薄而均匀的胶合剂。匝数（记数器示数）绕够后，在绕组表面涂上一层胶合剂，而后把导线切断（留出长约50～100毫米线头），把绕线模取下，再分解模具取下活动线圈。

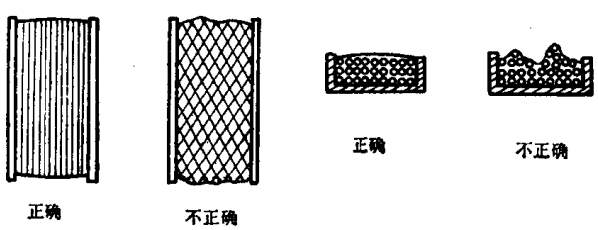


图3—48　活动线圈绕线的排列

（8）从模具上取下活动线圈。有框架的活动线圈，将模具分解后即可以从胎模上取下。取后及时用香蕉水（或酒精、丙酮）棉球擦去框架和绕组表面多余的胶质，置于自然环境下干燥。无框架活动线圈从模具上取下时要特别细心。先用香蕉水棉球将线圈表面及其附近的夹板表面上的多余胶质擦净。而后在无定位孔夹板与线圈交面的缝隙内浸入适量（数滴）香蕉水，细心移去无定位孔夹板。线匝如有飞起应细心整理使之与整个线圈贴实。此后，在有定位孔夹板与线圈交面的缝隙内浸入适量香蕉水，置胎模各定位销于同一平面压

下夹板，使线圈离开夹板并在四周保持一定间隙（胎模销子不能脱离夹板孔）。如线匝有飞起时应细心整理好。线圈四周多余胶质用香蕉水棉球擦净，而后线圈在胎模上置自然环境中干燥。

（9）活动线圈的处理。活动线圈在自然环境下干燥 4 ～ 6 小时后，应置于 90～100 ℃温度下干燥 3 ～ 4 小时。无框架活动线圈经此干燥后应从胎模上取下，必要时应在半干时取下整形，而后置于平板上彻底干燥。活动线圈经干燥后，应趁热在其绕组表面均匀地刷一层浓度较大的清漆薄层，在自然环境或25～30℃的恒温下干燥 6 ～ 8 小时，而后在70～80℃温度下干燥 4 ～ 6 小时即成。

（10）最后检验活动线圈，要求不短路、不断路、阻值合乎要求，表面无毛刺、无气泡、无气穴、无明显凸凹、几何形状正确、尺寸合适。绕组与框架之绝缘应不劣于 5MΩ（不允许用输出电压高于100V的高阻表测）。重量不得任意增加，越轻越好，以免降低仪表品质因数。厚度不能增加过多，以免与极掌摩擦。

在仪表修理中，往往发生活动线圈断路（多见于用线径小于0.04毫米的导线绕制的）。断路点在内层的线圈是无法修复的，若断路点在表面和两端头，可在放大镜下查找而后接通。接通方法是：先将两端头用针尖（或镊子尖）撬起，在断头下面垫上一层纸（以保护其它线匝）用“0 0”号砂纸除掉漆皮，镀上一层锡，而后将保护纸移去，粘上一条大小合适的电容纸条（用作绝缘），用一段长短合适的吊丝除净氧化物并镀好焊锡置于断头下的电容纸上使两断头与之摆正压实。然后涂上微量焊剂再焊接好。最后用香蕉水棉球擦净焊接处，涂上一层胶合剂即成。必须注意，若焊接点处于活动线圈的磁气隙工作部分时，焊点高度应与断头平。如断头不够长时可用直径近似的导线或吊丝接长。有时活动线圈不通是因为两端头焊接质量不好，鉴定时必须首先注意。

活动线圈短路时，可用线圈短路与匝数试验器测定。一般常用测试电阻并根据经验进行分析的方法来判断，而大多数情况下还需根据仪表指示变化情况综合分析才能最后断定。活动线圈短路时只有重新绕制。

有的活动线圈虽工作正常，但因长期受潮而腐蚀，修理时应将锈物除净再刷上一层胶合剂，并在70～80℃温度下干燥。

改变游丝的反作用力矩，可使仪表灵敏度改变。反作用力矩减小时仪表将多指，反作用力矩增大则少指。减小反作用力矩的方法是将游丝增长（如有多余部分的话），必要时更换软一些的游丝。但需注意，游丝力矩减少太多、太软将导致仪表摩擦误差和指示变差的增加，降低仪表品质因素。增加游丝反作用力矩的方法是将游丝去掉一部分，必要时更换硬一些的游丝。

适当改变仪表的全偏转角，也是改变仪表满刻度指示误差的一个有效方法，它是通过将刻度盘沿纵向平行移动来实现的。当刻度平行外移时仪表将多指，反之则少指。但不得造成刻度线与指针有影响读数准确的夹角，或指针与刻度线相交的现象。

四、指示特性的调整

所谓指示特性，就是指仪表偏转角与被测量值之间的相互关系。误差的分布情况有多种多样，但无论作何分布，自零至满度范围内各点的误差值均应在基本误差的允许值内，最好

不大于基本误差的70%。如仪表的指示特性不好，则必须加以调整。

仪表指示特性不好，要得到理想的恢复是较困难的。在多数情况下需要经过反复细致的调整，甚至是重新修理装配后再加调整才能达到良好的程度。在实际工作中，一般是先将刻度零点和满度点的误差调到零值或近似零值，再测试出中间各点的误差，然后确定如何调整。

当仪表各数字点误差都是同一方向，而且各点相对误差又一致时，只将满度点误差调到近似零值，则中间各点误差将是满意的，如图 3 —49所示。然而这种情况是较少的，多数是非一致性的非正比变化误差。这就要求有不同的调整方法。这些方法是误差平均法、结构调整法、改刻度法等。

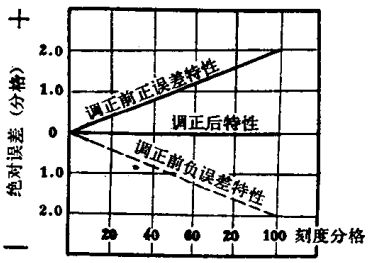


图 3 —49　同向正比性误差的调整

（1）误差平均法。有的仪表，当满度误差调到零值时，中间刻度点的误差在某一方向很大，甚至超出基本误差允许值。而另一方向的各点误差却很小。在这种情况下，只要将其最大误差调整合格（正或负）时，其余各点都能合格。如图 3 —50所示，基本误差为 1 % 的仪表有实线①、②两种特性，其中有超差点，经平均后得到相应的虚线所示的特性（①′、②′），仪表误差得到缩小，达到各点合格。如果是先将某一点误差调到接近允许极大值时，

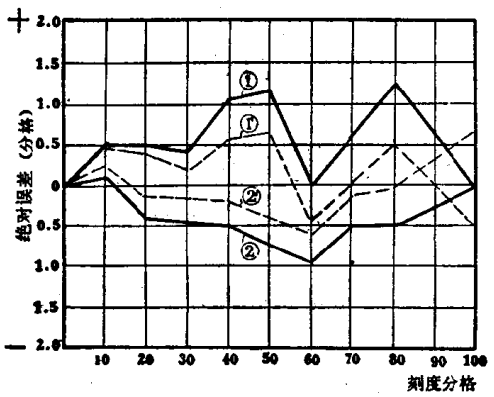


图 3 —50　仪表误差的平均

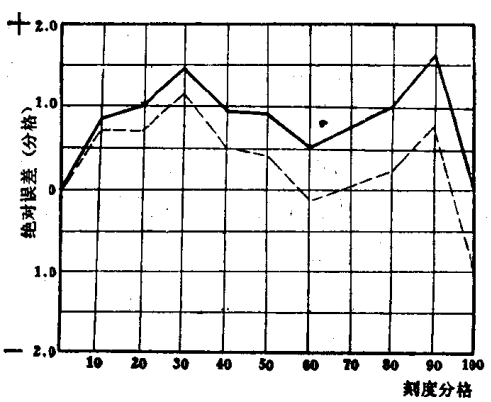


图 3 —51　仪表不可平均合格的误差

其它各点误差均在正负两个方向分布在基本误差的允许值内（最好在允许值的70%以内），否则不能用平均法调整。当相对误差值相差很大，变化规律复杂时，用误差平均的方法是达不到目的。如图 3 —51所示，当满度误差调到负的允许极大误差时，30度点仍然超出 + 0.2左右（如虚线所示）。误差平均的实现是采用调整仪表灵敏度的方法来达到。误差平均法，在每只仪表的误差调整中都是必先采用的，由此判别仪表刻度特性的好坏。

（2）结构调整法。当仪表误差经平均而不能合格时，必须对仪表结构进行适当的调整。仪表零件修理和安装得不正确，或不符合原刻度定性时的状态时，指示特性将发生变化。因此，在修理和装配中必须注意正确性。

铁心安装不正，磁气隙内磁力线将分布不均，磁场特性发生变化，如图 3 —52所示。当

活动线圈在各点新获得的磁场特性与原有磁场特性不一致时，各点的误差就有改变。只有把铁心移正恢复原有磁场特性后仪表指示特性才有可能恢复。

有的仪表极掌是可拆卸的，容易产生变形或安装不正，造成磁场特性变坏，如图 3 —53所示。这对仪表指示特性的影响与铁心偏歪造成的仪表指示特性的变化相似。

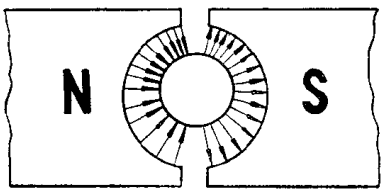


图 3 —52　铁心不正的不均匀磁场

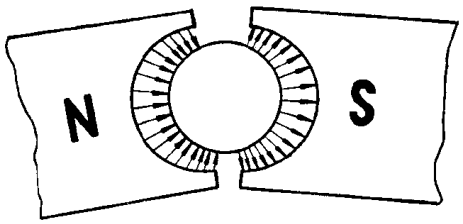


图 3 —53　极掌安装不正或变形的不均匀磁场

磁分流片的加入、移动或除去，对极掌缺口近处磁气隙内的磁场分布也有少许影响，如图 3 —54所示。这对精度高的仪表（有的万用表表头是0.5级的）不可忽视。内磁铁式仪表，有的在铁心（磁铁）上设有磁分流片，其位置的少许改变将使仪表指示特性有显著的变化。

仪表指示特性不良时，应仔细观察情况并据此分析，逐步移动铁心或矫正极掌等方法找到原有位置，使指示误差减小然后固定下来。

磁隙中磁力线的分布实际上并不是完全均匀的，在靠近极掌缺口的磁气隙内磁力线比较稀薄，如图 3 —55所示。因此，指针、轴尖、轴承等的偏歪也将影响仪表的指示特性。精度较高的仪表和全偏转角较大的仪表，这种影响比较显著。

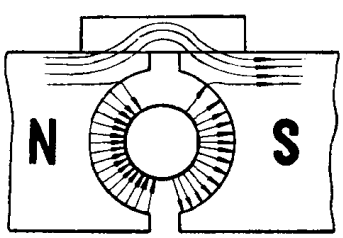


图 3 —54　磁分流片对磁场分布特性的影响

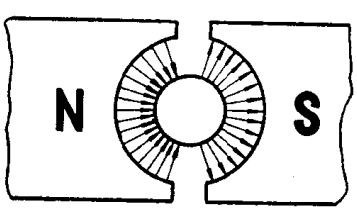


图 3 —55　磁隙中磁力线的实际分布情况

指针偏歪或与原刻度定位时的位置不符时，指针调零后的活动线圈在磁气隙中的工作位置发生改变，因而活动线圈在同一刻度下获得的磁场特性与原来的也就不一样，致使仪表指示特性改变。这种情况可拨动指针逐渐找到原有位置加以克服。如图 3 —56所示，将仪表零点和满度误差调到正好，若原指示特性是各数字点误差均为零值（一条直线），由于指针偏歪一个角度 δ，指示特性将可能变为曲线①、②所示，在10～30%和50～90%处突出。

轴尖的偏歪和移动，也将造成仪表指示特性的变化。轴尖顺指针前后歪或移动时，当满度误差调到正好后，在刻度中央部分误差将突出，如图 3 —57所示。

轴尖顺线圈绕向偏歪或移动时，仪表指示特性将在约1/4和3/4处互向相反方向突出，如图 3 —58所示。

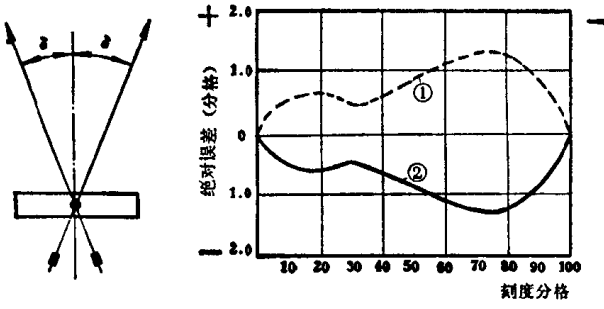


图 3—56　指针偏歪的指示特性

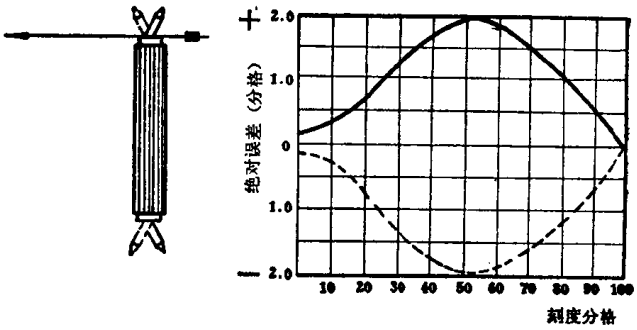


图 3—57　轴尖顺指针方向偏歪或移动后的指示特性

轴承的偏歪对指示特性的影响与轴尖偏歪的影响相类似，但特性曲线相反。

轴尖和轴承的偏歪所造成的指示特性不良，在高精度仪表中影响较明显。调整时可根据误差情况逐步拨正轴尖，移动轴承找到误差最小的位置固定下来。这类毛病的原因是多方面的，磁场的不均，活动线圈在磁气隙内偏歪而改变了磁场特性，指针工作圆心在各个角度时的不一致都会造成这些故障的可能性。

刻度盘的偏歪也是造成仪表特性变化的原因之一。如图 3—59所示，当刻度零点至轴尖的距离增大时前部刻度误差向正扩大（如曲线①），反之向负扩大（如曲线②），当满度点至轴尖的距离增大时后部刻度误差向正扩大（如曲线③），反之向负扩大（如曲线④）。对

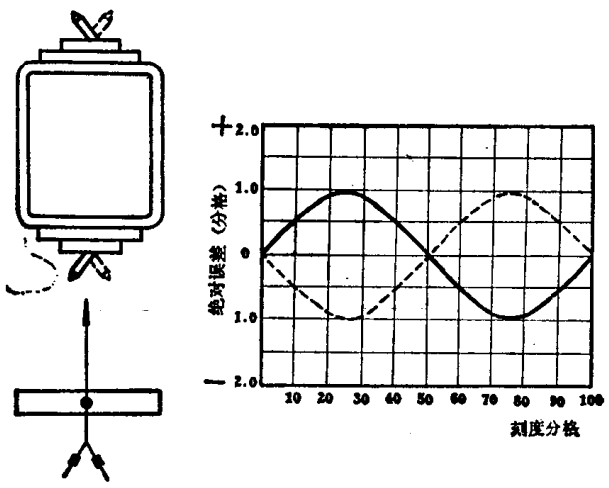


图 3—58　轴尖顺线圈绕向偏歪或移动后的指示特性

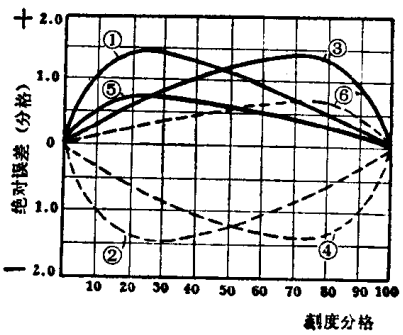


图 3—59　刻度偏歪后的指示特性

这类情况可逐步移动刻度盘使误差减小（如曲线⑤、⑥），但不得造成指针与刻度线有明显的夹角存在。

活动线圈、指针、平衡体等附有铁磁微粒或含有铁磁成分（如配重锤用铁磁物作成），将造成仪表特性不良。垂直使用的仪表，平衡不良也会影响仪表的指示特性。摩擦误差很大时，要调整好指示特性是困难的。这些问题在修理中应特别加以注意。

事实上影响仪表指示特性的因素不是单一的。磁场特性的影响，刻度自身特性不良，结构变化的影响等相互交织在一起。因此，很难单一肯定其影响所在。在实践中，应根据仪表

误差特性，结合仪表结构情况具体分析，逐步试验，在大多数情况下都是经过反复调整，甚至是重修后再加调整才能满足要求。

（3）改刻度法。仪表指示特性经反复调整无法恢复时，可根据误差情况适当改动刻度。这里包括零标的改动、满度标的改动和中间个别刻度的改动。

当刻度零及其后第一个数字点之间误差突变，而其余各刻度点误差有同一值，或同时增大或减少同一数值（调整指针偏离零点一个距离试出）使各点误差在正负两个方向平均而又不大于基本误差（最好不大于基本误差的70%）时，可用改动零标的方法改善仪表的指示特性。如图3—60所示，误差为1%的仪表，10—100刻度误差为+2（如a①），或在+2的基础之上正负变化不超出基本误差(如a②)，当把零标向左移动2（如a③），指针调零后仪表即合格(如b)。零标改动方向是正误差左移，负误差右移。

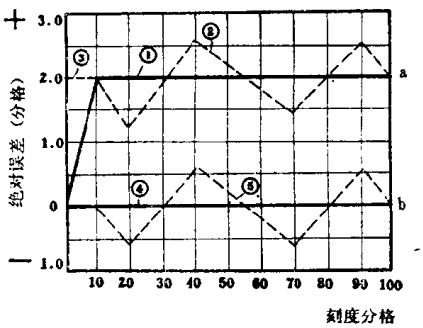


图3—60　改动零标调整仪表误差

当误差在满度及其前一个数字点之间突变，而其它所有各点误差很小，或在正负两个方向加以平均不大于基本误差（最好不大于基本误差的70%）时，将满度标改动即得良好结果。如图3—61所示，除满度点误差超出外其余各点误差均在正负方向变化甚小或没有超出基本误差（如①②），将满度标移动（正向外，负向内）后（如③）仪表即合格。

当仪表误差在刻度中间个别点突变超差无法调整合格，而其他各点误差在正负两个方向加以平均不大于基本误差（最好不大于基本误差的70%）时，可改动超差点的度标（正误差向右移负误差向左移）使其缩小达到仪表全面合格。如图3—62所示。在60刻度点突变超差，其它各点误差均在基本误差的允许值内，用其它方法很难调整合格。将其度标改移后（如虚线所示）仪表即全面合格。

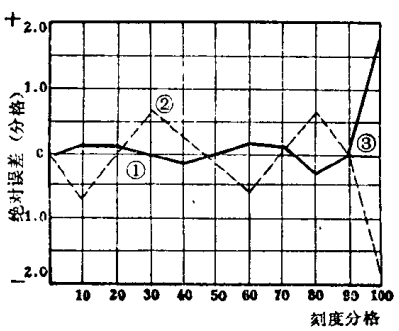


图3—61　改动满度标调整仪表误差

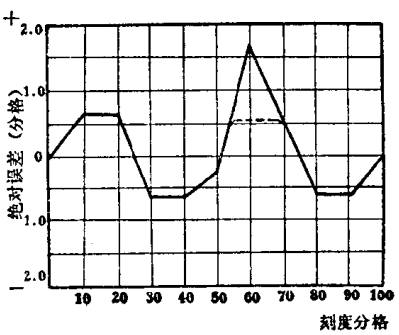


图3—62　改中间刻度标调整仪表误差

无论是零标、满度标和中间刻度标的改动，均应重新均分近邻分度，使每个分度的灵敏度均有同一值。经改动的刻度线的长短、粗细和色泽均应和原刻度一样。刻度应保持美观、清晰。原刻度线可用水（或酒精）棉球，或橡皮擦子等擦去，必要时也可用刀片轻轻刮去，纸质刻度盘可用薄刀片割去，但不得有明显的划纹和污迹。

在修理中应尽力调整好仪表指示特性，避免改动刻度或重新绘制刻度。

五、仪表刻度的绘制

仪表指示特性无法恢复，或刻度盘损坏、脏污不能再用时应重新绘制。金属喷漆刻度盘应除尽旧漆层，而后重新喷以白色硝基漆。纸质刻度盘则应将旧刻度纸取下除尽残存胶质，而后在刻度板上均匀刷一层适量的胶合剂（酒精稀释的虫胶或其它胶合剂），贴上刻度纸（铜版纸、道林纸或其它质量较好的纸）在平板下压实，待干燥后，用平锉将多余的纸锉去（向没有贴纸的那面单向锉削）。刻度盘准备好后即可装入仪表进行点度标。这时仪表除指示准确度外的其它性能都应该是合格的，一经刻度绘好仪表即全面合格。点度标应在高度稳定的电气线路中按标准仪表指示进行。标准表精度应比被校表高三倍（如1%的仪表应用0.2%以上的表校）。点度标时先将仪表的全程偏转范围选定，然后用极尖细的铅笔在需要的（一般为数字点）位置打点。点度标时要严防流动空气的影响。点要打在指针尖端下，不得偏歪，并应复校和修正，完全满意（误差不大于基本误差的30%）后即用针尖在笔点正中扎一小痕（精度高的仪表扎痕后还需校正），而后取下刻度盘将其固定在专供绘刻度用的坐板上进行绘制。

刻度绘制前，应先选好圆心。它是以专用的刻度坐板上固有的心轴中心孔为圆心，以轴尖到指针尖的长度为半径，移动刻度盘使刻度的始点、中央点和末点均在同一弧上来确定的。圆心确定后刻度盘要固定，保证在绘制中不得移动。绘刻度时，应根据原刻度线的粗细、长短、刻度条数、分度数以及有无弧线等确定绘划的先后顺序。一般顺序如下：

（1）根据原刻度划面确定各类刻度（如电阻刻度、直流刻度、交流刻度、100或150分格等）的位置，并用圆规划出各类分度线（长、中、短）的上下极限弧铅迹。保证指针尖端（刀形、丝形）至少应盖住刻度最短分度线长的$\frac{1}{2}$（多条刻度盘以半径最大者），而后用墨汁正式绘刻度。

（2）划出最小分度上下极限弧线（若原刻度有的话）。

（3）划出数字度标线。

（4）将刻度盘装上仪表，校正已划定的数字度标的准确度（误差不大于仪表等级允许值的30%），并对误差大的进行修正（重作标记），高精度的仪表应反复校正，直至满意为止；0.5级以下的仪表一般不必校正，但必须绘准确。

（5）将刻度盘从仪表上取下，置于刻度坐板上重新对正圆心并固牢。

（6）逐条刻度的自满度至零逐个划出分度线（包括各类长度的分度线）。

（7）照原刻度注出各种说明符号及标记。

（8）修整刻度。

（9）喷罩光漆（对漆质刻度而言）。

绘刻度用的墨汁应用质量好的高级墨汁，最好用高级墨在酒精中加适量糖磨成。绘刻度用的直尺用厚度为1毫米左右的明胶板做成，如图3—63所示，长约200毫米，在直面AA′的延长线上打一圆

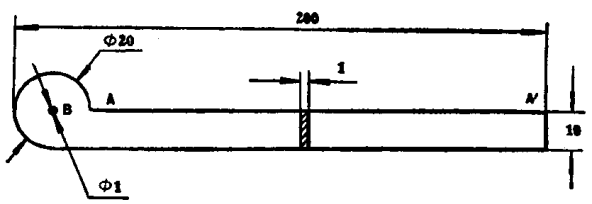


图3—63　绘刻度用直尺

心孔B。

绘刻度用的坐板如图3—64所示，系用木板作成，大小通常为250×200毫米。圆心定位心柱用金属做成，比板面约高5毫米，上端面 ϕ0.3～0.5毫米的小孔作为划弧线时的圆心用。绘图笔尖应用细油石磨细，以便能划出特细的线条。

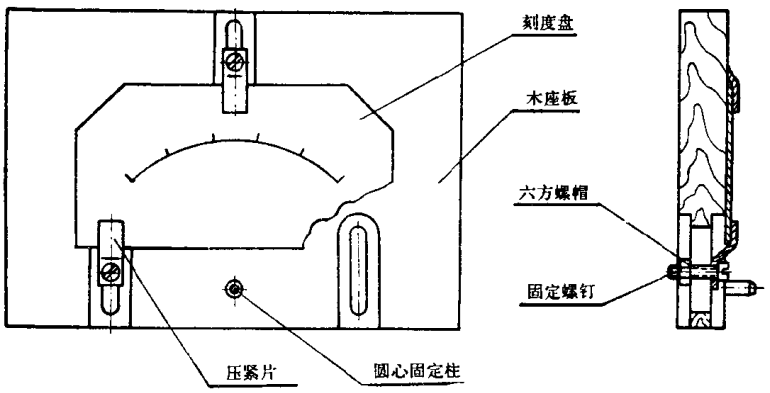


图3—64　绘刻度的坐板

刻度应达到如下要求：

（1）刻度盘无脏污、缺裂、划痕、影响美观和读数的斑点，纸层、漆层无翘起或脱胶。

（2）清晰、美观、读数和计算方便。

（3）各种说明符号和标记俱全。

（4）刻度线均很直，各弧线同心，各类刻度线上下整齐，色泽一致，同类线粗细一致。

（5）刻度的分格值不得小于基本误差允许值，并符合下列形式：

1×10^n、2×10^n、2.5×10^n、3×10^n、4×10^n、5×10^n、6×10^n、8×10^n。

n为任何正负整数或零。均匀刻度所有分格代表的值均应一样，不均匀刻度（如电阻表）的分格值允许有差异。

（6）刻度盘不应有反光现象。

六、基本误差的试验

仪表的基本误差，是在正常条件下的示数误差。

试验前应调节指针对正刻度零点，平衡必须是良好的。

基本误差的试验是将仪表接入能调节指针自零至满度均匀工作的电路中进行的。用来鉴定准确度的标准表精度应高3倍。允许用同等级仪表鉴定，但必须经过校准并要扣除其误差。仪表自零至满度，而后自满至零度，二次测量结果均不应超出基本误差允许值。各点的误差，取自两次测量结果的算术平均值。

3—5 其它故障的排除

除前述主要故障外，常见的其它故障在这里介绍一些一般排除方法。

（一）阻尼不良。仪表阻尼是受磁铁磁性的强弱、活动线圈框架的材料及其尺寸或阻尼线圈的匝数和线径的粗细等有关。过阻尼是磁性过强、阻尼线圈匝数过多，活动线圈有短路匝存在等原因产生的。欠阻尼则是磁铁磁性过弱，活动线圈框架断裂，阻尼线圈断路或匝数太少等原因产生的。当表头正负两端与活动线圈并联有电阻时，其值大小对阻尼有显著影响，表头灵敏度越高影响越大，分路阻值小则表头阻尼大，分路阻值大则表头阻尼小（参看第一章 1—2 节阻尼力矩）。

当阻尼不良时，应切实查出原因，并加以排除。阻尼线圈一般都是用纱包线绕制的，并在活动线圈内面，用电容纸与活动线圈的电磁线圈隔开。在电磁线圈正常的前提下，若阻尼过强可将阻尼线圈挑起一匝切断，拆除数匝，然后在上轴座或下轴座部位再闭合接通，整理好胶固即可；欠阻尼时断开后应先检查是否通路，若通则是匝数太少，若不通则是阻尼线圈开路，这种情况应考虑重新绕制线圈。有的欠阻尼还可用提高磁性，而后在测量机构两端并联电阻的方法排除，即并联电阻使活动线圈的感应电势有了回路而产生阻尼。这在高灵敏度仪表中是很有效的。如有内阻要求，并联后可再串配一个适当数值的电阻，电路如图 3—65 所示。当活动线圈框架断裂时，或阻尼线圈断开时，若仪表工作条件许可，为节约昂贵铜线和工时，缩短修理周期，也可用此法改善阻尼。

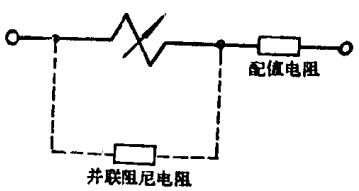


图 3—65 欠阻尼用并联电阻的方法排除

有的表头磁性很强，灵敏度很高，外路并联电阻的大小对阻尼影响较大，只有把外路并联电阻调整正常时阻尼才有可能恢复。

测量机构的一个引入端应当是绝缘的，若短路则造成活动线圈闭合，即产生过剩阻尼（表头工作不正常），活动线圈自身短路时，只有重绕活动线圈才可能使阻尼恢复正常。

（二）指针谐振。有的仪表工作时指针发生抖动，指针抖动范围超出最细刻度线宽度是不允许的。这种毛病多出现于修理后的仪表，其来源是指针松动、过软、或轴尖与轴承配合间隙过大。因此修理中修磨轴尖和更换轴承时不可随意改变曲率半径的大小，轴隙不能过大，轴尖曲率半径和轴承曲率半径之比不能过大，新换的指针要有足够的强度，指针要装得很牢固。另外流入仪表的电路中的交流成分较大时，也产生抖动现象，这时可用电容旁路的方法排除。

（三）电、磁场的影响。仪表抗外电场和外磁场的影响，主要是靠电磁屏蔽来保证的。修理中不得随意弃去磁屏，并不得随意改变固定位置。磁铁也不随意更换。

（四）温度影响。仪表抗温度影响的能力为仪表设计制造所固定。就直通式表头来说，电流灵敏度受到的影响是永久磁铁和游丝的反作用力矩的温度系数，两者互补余约 +0.1%，这在一般仪表中是很小的。然而在附有测量电路的情况下，由于活动线圈和游丝的铜阻受温度变化很厉害，每变化 10℃ 铜阻变化达 + 4 % 之多，这对指示准确度的影响是很大的。因

此，在修理中不可任意增大活动线圈的电阻，更换游丝时亦应注意温度的影响。当表头另附有测量电路时，要特别注意不可改变温度补偿电路元件的性质和参数，否则会导致仪表温度误差的增加。

第四章　测量电路的修理与调试

万用表由于零件精细、结构复杂、量程广泛、使用频繁、流动性大等原因，容易产生故障，而且修理难度也较大。为便于掌握万用表修理，本章按照用不同的方法解决不同的矛盾的原则，将万用表修理中共有的东西概括进行介绍。为节省篇幅，本章仅包括万用表修理中的主要内容，凡具有电气测量仪表初步修理技术的工作者所能解决的问题均未列入，其重点为故障的分析、检查和排除。

4—1　修理前的鉴定和技术准备

一、修理前的鉴定

万用表在开始修理之前应进行初步鉴定，并要做好记录，供修理时参考。鉴定时应先查看仪表的外部和内部结构，即表壳、端钮、旋钮和其他附件以及内部机械零件等有无损坏；电气元件、电路联线和开关接点有无烧坏、脱焊和断裂；转换开关和其他改变电路联接的开关有无损坏，转动是否灵活。而后根据情况决定是否可进行通电检查。若无足以造成仪表不能通电或通电也无法鉴定电气故障的毛病时，均应对各部分电路逐档进行通电，以检查转换开关、凸轮开关、极性开关、灵敏度变换开关、电阻调零短路开关、过负荷保护开关、电阻调零器等工作是否正常，接触是否良好，电路是否有其他故障等。检查中可用手指轻敲表壳和量程转换开关旋钮等，以便更有效地发现隐蔽故障。经鉴定分析后，可对具体修理程序作出安排。对于加工协作或工艺流程较复杂和周期较长的项目，应优先安排，以求缩短修理周期，确保质量。

二、修理前的准备

万用表电路，一般包括多量程的直流电流表、直流电压表、交流电流表、交流电压表和电阻表等电路，通过转换开关和凸轮开关等组合而成的综合电路，种类繁多，结构各异。因此，万用表的故障现象及其产生原因存在着各种复杂情况。调修时必须根据电路图结合实物结构，对故障进行综合分析和判断，并应加以证实，而后分别对待，慎重调整，不可盲目从事。为此，调修万用表测量电路时，应该具有所修表的总的电路图和各部分的简化电路图，并要熟悉电路的走向，各元件和零件的数值和作用，各部分电路的联接关系。同时要熟悉实物结构和电路的走向，以及各元件的位置等。对于技术要求必须理解清楚，性能数据要记熟以便修理和调试的准确可靠。

4—2 电路故障的排除

开始修理和调整测量电路时，应根据动工前的鉴定，对明显的故障加以排除，尽量使仪表各部分结构完好，电路工作正常。然后对各部分电路逐档的进行性能试验，详细查出故障所在及其产生根源。

一、联接线的更换

电路联接线如有烧坏，绝缘皮烫伤和老化时，应用同规格、同颜色的导线更换。载流量应符合要求，长短合适，线心不得损伤或折裂。焊接点如有脱焊、假焊，应重新焊接好。导线的裸露部分不能太长（不长于3毫米为宜）。

二、炭质电阻的更换

炭质电阻如有烧坏、裂纹和机械损伤时，必须更换。更换的新电阻的阻值应符合要求，功率不得小于原有功率。

三、线绕电阻的修理

线绕电阻烧坏时，应用与原电阻同线径、同材料（如锰铜）、同类型（如漆包或沙包等）的电阻线重绕。数值可根据情况适当大出1％～3％，待仪表误差调好再将多余部分剪去。绕制时金属裸露处应用电容纸包好，绕好后最好浸以绝缘漆。线径可根据原电阻丝用千分尺测定，或按原资料查得。阻值可按电路图或元件数据表确定，也可用计算的方法获得。必要时可用电阻箱代替法（注意电阻的额定电流），电阻太小时可估计试验而定。电阻值的调整可根据仪表指示进行，也可用电桥测试的方法先调整准确。有的电阻不通，仅仅是端头断开，只需重新焊好即可，若断点在中间时，可将电阻丝倒向另一线轴的过程中找出断开点并将其接通。如用漆包电阻丝绕制者有短路时，最好将其全部电阻丝废弃重绕。

四、凸轮开关的修理

用来改变电路联接的凸轮开关，接通和断开的位置必须准确，接触良好。当凸轮转到各个位置和轴向运动时不得有误动作。否则万用表工作将被破坏。凸轮开关工作不正常时，应根据说明书加以调整。根据情况可酌情将凸轮转动一个角度，或将整个电键组移动一个位置，或两者都作适当的移动，使电键的滑动点与凸轮的凸凹位置对正，而后将电键组和凸轮紧固再检查其工作情况，如不良应继续调整，直至工作完全正确为止。凸轮开关各接触点应对正，接触压力应足够，断开时各接触点间的距离应足够大，不良时应拨正弹片和适当弯曲弹片使之工作良好。多组电键常用顶棒传动，顶棒如有卡滞可将其直径稍加锉小，并用“0 0”号砂纸打光，或移动被卡滞弹片的位置加以消除。凸轮轴向间隙和旋转波动不得过大，不良时可用加垫的方法克服，凸轮波动甚大时应对基面进行锉削或车削使之消除。

五、转换开关的修理

用来改变量程和测量种类的转换开关，常见故障是接触不良，接触点烧坏，定位不准，实际工作量程与面板标注量程不符。定位不准时可将固定螺帽松开重新校正后固紧。当接触不良时，应把接点擦拭干净，并适当矫正动片和定片间的压力，使其位置在正反向旋转时均对正。松动偏歪的定片应拨正后加以铆固。接触点烧损不严重时，可用砂纸除尽表面炭化物，经试验良好后还可再用。转换开关不灵活，通常是分档定位机构的零件锈蚀或压力过大，可除净锈迹，调整弹片压力。为使转动灵活，可在定位机构加适量润滑油或凡士林。更换开关时，应先将需短接的接点联接好，然后按原位置逐根线逐层开关的将导线从废开关上移到新开关上，不得接错。

六、极性转换开关的修理

用来改变测量极性的“极性转换开关”其工作原理如图 4 — 1 所示。A_1、B_1为常接的正向静接触点，A_2、B_2为动接的反向静接触点。A_3、B_3为活动接触点，平常与A_1、B_1接触，接于表头的正负两端。从图中可以看出，在正常情况下，A_1、A_2为正，B_1、B_2为负，电流从电源“+”经过A_1、A_3、表头正极、表头负极、B_3、B_1回到电源“－”，表头正向指示。若测量时极性接反，仪表反指。为了不要重接测试电路，按下极性转换开关按钮，活动接触点A_3、B_3分别与B_2、A_2接通，这时电流从电源“+”经B_2、A_3、表头正极、表头负极、B_3、A_2到电源“－”。此时外电路极性倒转，而表头仍获得正向电流。这在测量复杂电路时较为方便。

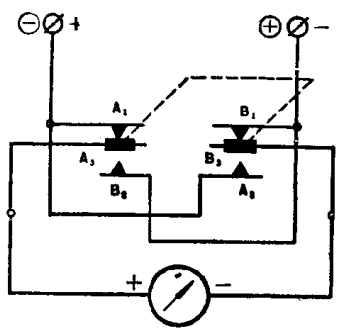


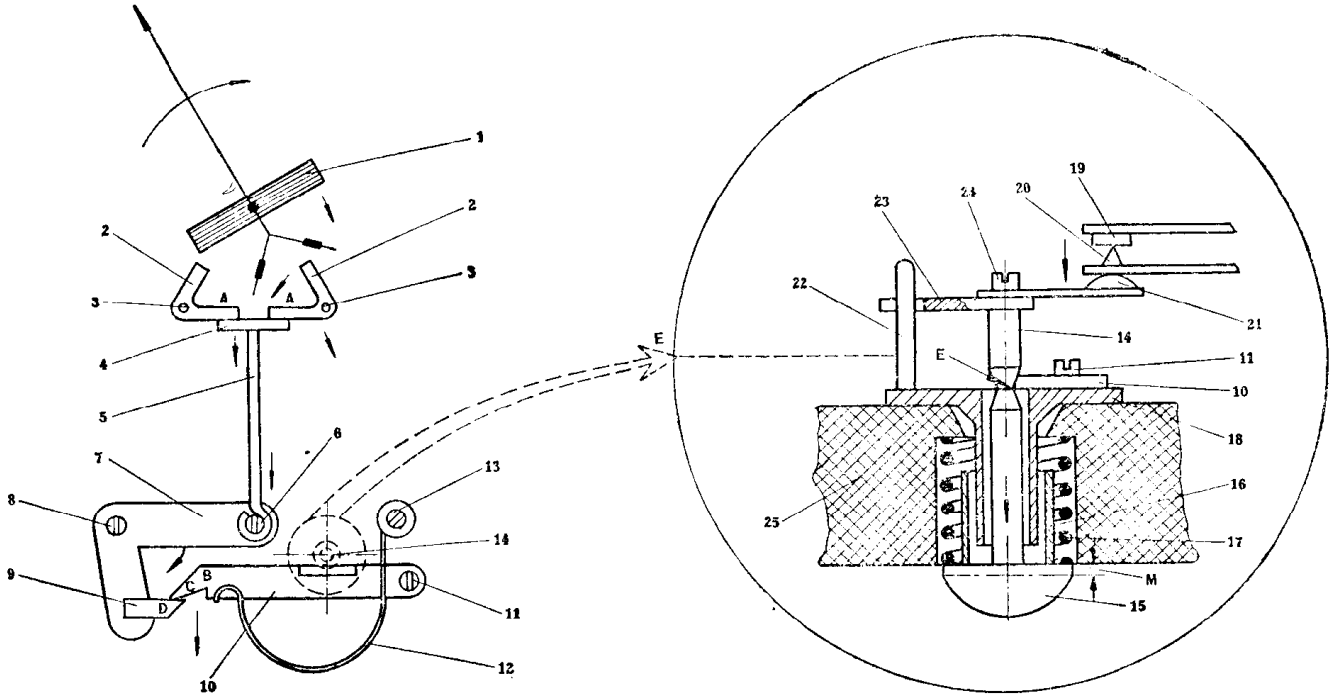
图 4 — 1　极性转换开关工作原理

极性转换开关往往产生接触不良和倒向不工作的毛病。当活动接触点偏歪与常通静接触点A_1、B_1接触不良时，表头正向不工作或工作不正常。当按下按钮至极限，活动接触点与动接的反向静接触点A_2、B_2接触不上或接触不良时，倒向不工作或工作不正常。调整时应先将活动接触点A_3、B_3分别与A_1、B_1和B_2、A_2对正，并调整各接触片使A_1、B_1两接触点在同一平面，A_2、B_2两接触点在同一平面，而A_3、B_3两动接触点在按动和不按时均应保持在同一平面。在正常状态时，A_1和A_3、B_1和B_3之间应有足够压力，保证接触良好，A_3和B_2、B_3和A_2之间应完全断开。当按下按钮时A_3和B_2及B_3和A_2之间应有足够压力，保证接触良好，而A_3和A_1、B_3和B_1之间也应完全断开。否则应适当调整弹片使之达到要求。

七、过负荷保护装置的修理

用来保护仪表的过负荷保险装置（简称保险开关）机械式的结构原理如图 4 — 2 所示。它有传感和控制两个系统，分两个工作过程：

（1）断开过程。当仪表过载时，活动线圈1急速偏转，其配重锤冲击并压动传动臂2，2 绕轴 3 转动使其A端推动传动弹片 4，4 推动顶杆 5，5 推动钩臂 7，7 绕轴 8 转动使宝石 9 滑动脱离卡臂10，由于卡臂与工作轴两相交处都是斜面（如E所示），而蓄能弹簧17在



a.传感系统　　b.控制系统

1.活动线圈　2.传动臂　3.传动臂轴　4.传动弹片　5.顶杆　6.顶杆转轴　7.钩臂　8.钩臂转轴　9.滑动宝石　10.卡臂　11.卡臂转轴　12.制动弹簧　13.制动弹簧固定螺钉　14.工作轴　15.按钮　16.套筒　17.蓄能弹簧　18.基座　19.静接触点　20.活动接触点　21.绝缘顶动器　22.定位滑动轴　23.定位滑动片　24.固定螺钉　25.表体

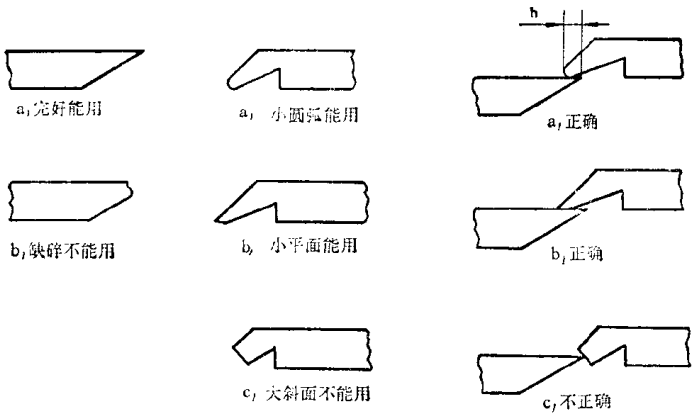
图 4—2　机械式过载保护装置工作原理图

接通保险开关接触点19与20时按下按钮使之压缩蓄存了能量，当宝石滑出卡臂后，蓄能弹簧张力作用在“V”形槽的径向分力克服弹簧12之压力，使卡臂绕其转轴11转动而滑出工作轴的“V”形槽，按钮随即跳动，使两接触点19、20断开，仪表断电得到保护。

（2）接通过程。当按下按钮15时，定位滑动片23顺定位滑动轴22滑动，接触点19与20接通。此时蓄能弹簧被压缩而获得能量。卡臂被制动弹簧12压入工作轴“V”形槽内，并以端部B点压动钩臂使之恢复原位。当松手后，在蓄能弹簧张力的作用下按钮产生一微小回程“M”，“V”形槽斜面压动卡臂使锁尖C与滑动宝石锁尖D搭上而锁住，保持仪表电路常处于接通状态。

保险开关在锁住状态时，接触点要接触良好，正向在2—6倍，反向在4—8倍过载负荷冲击下应准确断开，一次按下按钮至极限应锁住，并不得自动断开。常见故障则是这些性能不符合要求。

接触点接触不良时，应将各接触点表面的氧化物和其他脏物除净，调整各接触点使之在锁住状态下相互对正，并保持一定压力，确保接触良好。过负荷保护性能不良则是各活动零件表面光洁度差（应在▽6以上），有毛刺、有脏物，各零件配合间隙和配合尺寸不适当，制动弹簧弹力过小，蓄能弹簧弹力过大，接触点间压力过大，传动弹簧片过硬或对传动臂压力过大，宝石缺碎，卡臂锁尖不规矩等原因造成的。修理中应拨动钩臂使保险开关断开又锁上地反复试验，仔细观察各活动件工作情况，找出毛病所在。传动臂、卡臂、钩臂、顶杆、按钮工作轴等活动零件应高度灵活，光洁度不良和有毛刺时应用仪表油石或“000”号砂纸打磨抛光，并要清洗干净。转轴6、8、11一般为二台螺钉，二台部分为轴，其光洁度和尺寸大小对灵活性影响很大，为求工作良好必须个别选配。转轴3为固定轴，其工作部分要求与二台螺钉轴部相同。传动弹片与传动臂之间不应有任何间隙，对传动臂应有微微压力（切不可过大），不良时可矫正传动弹片使之符合要求。制动弹簧的弹力应足以使卡臂压动钩臂至极限，而使顶杆端面与传动片相触，否则应适当调整弹簧弹力使之良好。按钮工作轴心须是很直的，不直度不超出0.02—0.05毫米，否则应拆下套筒校直。按钮套筒是胶合的，应与按钮轴同心，转动至360°的任一角度工作时不应有卡滞现象，否则应修整套筒，重新胶合正确。当按下按钮至极限时，卡臂刃应在工作轴“V”形槽底，否则应在基座18下加垫片或锉削基座固定基台25高度的方法调配合适。蓄能弹簧弹力大小要适当，否则开关不易断开，应逐步试验调整其弹力使之既不因弹力过大而不易打开保险开关，又不因弹力过小而打开保险开关后按钮不易跳起。滑动轴和滑动叉之间应有一定间隙，如有大的摩擦和卡滞时应修整滑动叉或矫正滑动轴。静接触点与活动接触点之间的压力要适当，过大时开关不易打开，过小时接触不良，可根据开关综合性能的高低对弹片适当加以调整。卡臂锁尖C与宝石锁尖D是保险开关工作的焦点，对其要求是很严格的，如图4—3所示。卡臂和宝石锁尖的光洁度应达▽10，不许可有毛刺。宝石应完好，锁尖不得有任何缺碎，卡臂锁尖应是极小（约0.3毫米左右）的半圆球或小平面，不得成较大的斜面。两锁尖配合后不得产生滑动，因此二者必须平行。当各零件工作灵活后，过载保险倍数就由宝石锁尖与卡臂锁尖配合尺寸的大小决定（如图4—3（三）a中h），大时过载断开倍数大，安全性差；小时过载断开倍数小，安全性好。但h值不能过小，以免过易断开或难于锁住，或稍加振动就断开。两锁尖配合尺寸的大小，可前后移动表头（利用表头固定螺钉孔间隙），或将基座稍加转动、适当增长、缩短



（一）宝石锁尖　（二）卡臂锁尖　（三）宝石与卡臂的配合

图 4－3　卡臂、宝石锁尖的配合要求

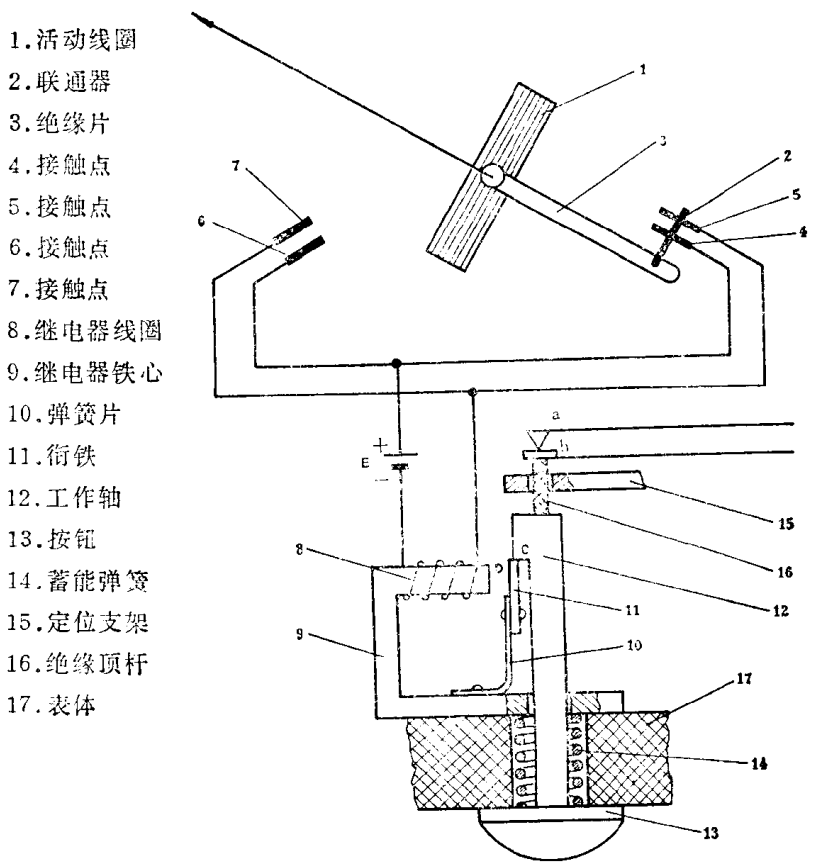


图 4－4　电气式保险开关工作原理

顶杆长度来调整。

另一种过负荷保护装置是电气结构，如图 4－4 所示。它是通过一个由控制电路控制的

继电器来控制工作轴，达到控制仪表电路的目的。当仪表正向过载2～6倍，反向过载4～8倍时，活动线圈1急速偏转，绝缘片3上垂立的联通器2将弹片4和5或6和7的银质接触点接通，控制电路即成通路。干电池E供给继电器线圈8电流，使继电器铁心9被磁化，把弹片10上固有的活动铁11吸动。这时活动铁锁尖D滑出工作轴锁尖C，在蓄能弹簧14的张力作用下，工作轴12跳起，接触点a、b断开，仪表断电得到保护。仪表断电后，活动线圈又回到原有位置，联通器离开接触点，控制电路被断电，继电器没有磁力作用，衔铁在弹片的作用下又力图回复原位。当按下按钮接通接触点a、b时，衔铁完全回复到原有位置，蓄能弹簧被压缩，松手后按钮在蓄能弹簧的作用下产生一回程，使C、D两锁尖搭合锁住，保持仪表电路处于常通状态。这种装置按钮联动部分的结构形式有多种，但动作原理都是一样的。修理方法基本与机械式结构的修理相似。除机械结构上的毛病之外，电池能量是否充足，4和5及6和7接触点的间距及其弹片的软硬，是影响保险性能的主要原因。

八、灵敏度变换装置的修理

有的万用表具有灵敏度变换装置（如÷2按钮）。它是用来控制与表头联接的倍除电路，达到改变电路灵敏度，扩大仪表指示的刻度范围，使读数更加准确。只有指示值在刻度的1/2以下时才被使用，按下按钮仪表指示即扩大一倍，这时的读数除以2即为实际值。一般只用于直流电流、直流电压、交流电流、交流电压的测量。其原理电路如图4—5所示。

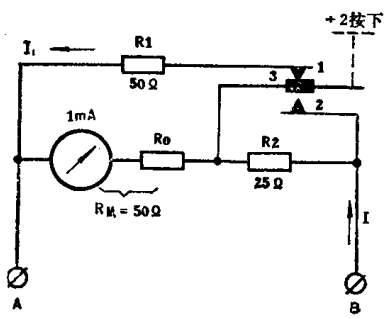


图4—5　万用表扩展示数的灵敏度变换原理

在表头支路两端并以阻值与表头支路阻值完全相等的分路电阻R_1，而后再串联其阻值等于$\frac{1}{2}$表头支路总电阻值的电阻R_2。通过开关改变两电阻的联接，使在正常测量时R_1开路，而R_2被短路，当要“除2”时使R_1及R_2都接入。这样，不管何种工作状态，使电表头总电阻不变。从图中可以看出，当倍除开关接点3与1接通时（常态），如果通过AB两端的总电流I为1毫安，则通过表头的电流为0.5毫安，即指针指1/2刻度点。这是因为$R_1=R_M=50$欧，这时AB之间的总电阻也是50欧。当按下倍除开关使接点3与2接通时（÷2），只有表头支路工作，这时R_1断开、R_2短路，AB间总电阻保持不变，即$R_{AB}=R_M=50$欧，因此总电流I不会发生变化，1毫安电流全部通过表头，即指针指满度刻度，指示范围扩大了一倍。但这时待测量并没有变，因此新的指示值应除以2才是待测量之实际值。

从图中可以看出，只有保证表头分路电阻R_1与表头支路阻值R_M完全相等，与表头回路串联的电阻R_2等于$\frac{1}{2}R_M$时，倍除的测量结果才是准确的。修理中可根据仪表指示调整倍除电路各电阻，也可根据表头支路阻值用电桥调准倍除电路各电阻阻值。而按钮开关在正常工作状态和“÷2”工作状态时都必须接触良好，不得有误动。接触不良或产生误动时可适当调整接触点弹片加以排除。

九、电阻调零短路开关的修理

有的万用表具有电阻调零短路开关，是电阻表在测量前或测量中专作正负端短路校零点用的。它是一个具有两个接触点的常开式开关，直接接于仪表“+”、“-”端子，按下按钮时即接通，将仪表两端子短路。常见故障是接触不良，接触电阻大，或接点接死不能离开，绝缘不良等。接触不良和工作状态不良时，可调整接触点弹片，使之接触点对正，保持尽可能大的间隙；而当按下按钮时，接触必须良好，不得呈现较大的接触电阻。绝缘不良时，应对绝缘片进行清洗、烘烤并浸以绝缘漆，减小旁路作用，以免影响测量准确度（特别是对高电压量程）。其绝缘和耐压均应以仪表的最高量限之要求为准。

十、蜂鸣器的修理

蜂鸣器的结构及其工作原理已在第一章1—5节中说及（参看图1—25），其常见故障是外电路短路时无声或声音不良，原因是电池能量不足或接触不良，继电器工作状态不良等。修理时应先检查电池能量是否充足，正负极接触是否良好。声音宏亮与否，与弹簧片调得是否合适有关。衔铁与铁心端面之间的距离过大时衔铁不易被吸动，过小时吸动后接触点又不能断开。接触点接触不良或断开时，又会出现大的接触电阻或电路不通。只有在接点间保持一定压力而又全面接触，衔铁能被吸动，并在吸动后接触点又能断开的情况下，才能正常工作。在其它条件一定的情况下，衔铁与铁心之间间隙的大小决定了振动频率的高低。接触点接触面的大小，共振的好坏对音质都有很大影响。须经仔细观察，细心调整才能获得宏亮悦耳的声音。调整时，不能过度弯曲弹片，以免弹性失效或弹片破裂。最好不要在通路状态下调整弹片和接触点，以免电池短路。线圈烧坏和短路时可根据原有线圈查得工艺数据重绕。接触点接触不良时应除净炭化物和其它脏物，使之接触良好。

十一、整流器的修理

万用表整流器，多为氧化铜整流器。新近产品则用晶体二极管的较多。它的作用是变交流电为直流电，供磁电式表头工作，达到测量交流电的目的。

整流器常见的故障是整流系数降低，整流元件被击穿，而使仪表指示不足或无指示。合格的整流器，整流系数应在40以上，质量高的达100以上。

整流器不良时，不管原整流元件品种（氧化铜或晶体二极管）如何，均可按原电路选定具有原整流器同样（或大于）整流电流、整流系数和击穿电压的氧化铜或晶体二极管代替，只要仪表指示特性符合即可。

选定符合仪表特性的整流器是比较困难的。仪表原有的刻度特性，为原有将整流器特性所决定，而且有一定精度。新换的整流器特性必须与原有特性一致，否则仪表产生误差。因此，在更换整流器时，必须把新整流器接入仪表测量电路中具体试验，当仪表误差符合要求时才被确定下来。用氧化铜整流的仪表当整流特性无法配好时，只有将原有氧化铜整流器修理后再用。

在一个完整的氧化铜整流器中，氧化铜片整流系数降低或被击穿，通常是一片或两片，其余还是好的。可用欧姆表R×100或R×1000档（以电压不大于1.5伏为准）逐个单元的进

行测试鉴定，如图 4 — 6 所示。当测试电流顺箭头方向时测得的是正向电 阻，数值在 500Ω左右；电流逆箭头方向测得的是反向电阻，一般在 20KΩ以上。反向电阻与正向电阻之比称整流系数，见 1 —14式。这个数值在40以下时说明整流性能很低不宜再用；而正反向电阻均很小说明被击穿。

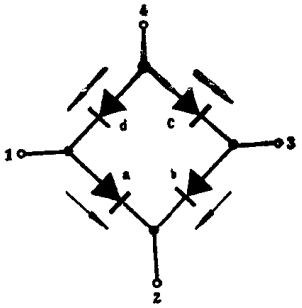


图 4 — 6　整流器的测式

所谓修理就是把整流器分解开，从中挑选整流系数好的整流片，重新按原整流器型式组合起来。整 流 片 的 挑选，是将整流片用酒精清洗干净（不得有任何损伤）后，放在一块光平的铅板上，使氧化铜面（银灰色）与铅板相触，用欧姆表（要求如前）正表笔接铅板，负表笔接氧化铜片的铜面，并对整流片加适当压力，测出正向电阻后倒转表笔测出反向电阻，按 1 —14式求出整流系数。

从中选出整流系数适合于所修仪表要求的整流片（原表要求的整流系数可根据原整流性能好的整流片测得，也可根据以往修理经验判定），并要求在同一个整流器中的每个整流元件正、反向电阻均要近似相等。整流器组合时，铅片、接触铜片和壳体均应清洗干净，接触面要全面接触，固紧压力要适当。组合后还需要逐个元件测试整流系数（一般较装配前都低一些）必须符合要求，且应近似相等。而后装入电路中试验，合格后用蜡或浓的硝基漆封固。

十二、互感器的修理

仪表用电流互感器（或称变流器），是专用以扩大仪表交流电流量程的。其工作原理和原理电路见图 1 —21。

常见故障是绕组被烧坏，短路或断路。一般容易出现故障的是线径较细的最内层绕组和中间层绕组。故障点可根据仪表指示情况分析，同时还可用欧姆表测量电阻加以判断。经试验确定出故障点后即可将原绕组倒下，若故障点不在最内层时，只倒至有故障的那一组，把余下的好绕组留下。如绕组是烧坏的，应仔细检查与烧坏绕组接触的线圈绝缘是否良好，不可靠时应把这层也拆除。而后在其表面上包上一层绝缘绸，再用新线重绕。当烧坏严重，或并非单一故障时，应将全部绕组拆除重绕，以确保产品质量。

拆卸互感器时，要防止绕组骨架破裂和铁心变形。有的铁心是坡莫合金，拆下时不得敲击，弯曲和承受高温，以免导磁率降低。绕组的工艺数据，可从图纸和资料查得。也可从实物查得。从实物查获工艺数据时，要逐个绕组查准，并要画出原理电路和骨架之引线位置草图，记下查实的数据和抽头位置。线径用千分尺测量，匝数可一匝一匝的退下记数。

绕制互感器时应把次级绕组、或匝数最多（线径最细）的绕组绕在最内层，余下依次向外绕，以减少铜阻，使细线得到保护。细线容易断，应用多股绝缘导线作绕组端头引出线，以增加强度。绕组接头焊接要牢固，焊点应尽量小而且光滑，并要绝缘良好。绕组应紧绕，线匝要排列均匀、平整，绕组间要用绝缘绸加以绝缘。绕好后，绕组表面应加包扎。铁心要一片一片的交错叠成，不能都是一个方向，不得少装。

互感器绕好后，应把抽头在相应的焊柱上焊固，装入仪表电路进行试验。如工作不良或

超差时，按误差比例计算绕组所得的数值在一匝以上者，则有可能是该绕组有短路，应再度进行修理或重新绕制，直至合乎要求为止。绕好的互感器最好浸以绝缘漆（如3404绝缘漆）。

4—3 测量电路的调整

一、直流电流测量电路的调整

万用表直流电流测量电路，一般都与其它各类测量电路有不同形式的联系，在不同程度上成了各类测量电路的基础。因此，在调整其它测量电路之前必须先调好直流电流测量电路。

常见的故障分析如下：

1.标准表有指示，被校表各档无指示。可能原因和对其它部分的影响是：

①表头自身电路断路。其它部分量程也不工作。

②表头两端至分流器两端的串联电阻或联线断路。故障所在部分电路为某部分测量电路共用时，则该部分测量电路也受影响。

③极性开关没有接通。其它部分量程也不工作。

④与表头串联的测量项目（如交流、直流、电流、电压等）转换开关或凸轮开关及其联接线没有接通。此部分如为某部分电路共用时，则该部分量程也受影响。

⑤用来改变各部分电路灵敏度的公共电路中与表头并联的分流电阻完全短路。此电阻参与那部分电路工作，那部分电路受影响。

⑥扩大量程用的分流电路完全短路。此电路参与那部分电路工作，那部分电路受影响。

⑦表头保护装置（氧化铜或晶体二极管）被击穿。其它部分量程也不工作。

⑧其它结构上的故障造成表头被短路，对其它部分有何影响要具体分析。

上列原因中断路和短路故障若处于非完全状态，而呈现一定阻值时，被校表将有一定指示。这种指示可能是极小的，也可能是较大的，也可能时有时无。

2.标准表和被校表都无指示。可能原因和对其它部分的影响是：

①仪表正端子或负端子与仪表测量电路之间不通。其它部分量程也不工作。

②串联于仪表正或负端的测量项目转换开关及其联线不通。如为某部分电路共同时，则该部分量程受影响。

③过负荷保护装置接触点没有接通。其它部分也不工作。

④正端子或负端子接触面由于严重腐蚀和脏污而绝缘。其它部分也受影响。

3.标准表和被校表在某一档均无指示。可能原因是量程转换开关该档接触点及其联线断路。若其它部分共用一个量程转换开关时，则其它部分同一数值量程也受影响。

4.被校表自最小量程至某一量程指针摆动很快，即阻尼很小，且多指很多，但其余量程无指示。可能原因是扩大量程的分流电路的某个电阻不通或其联线不通。当断开点是在最大量程的分流电阻时，全部量程的指针摆动极快；当断开点在最小量程的分流电阻时，除最小量程之外的所有量程都不指示。此分流电路参与那部分电路工作，那部分量程受影响。

5.各量程误差均为正（或负），或大部分量程有这种趋势。可能原因及其对其它部分的

影响是：

①表头灵敏度过高（或过低）。对全部量程都有同样的影响。

②与表头串联的公共电阻阻值过小（或过大），甚至是短路。此电阻参与那部分电路工作，那部分量程受影响。

③与表头并联的公共分流电阻阻值过大（或过小），甚至是断路。此电阻参与那部分电路工作，那部分量程受影响。

④各量程分流电阻普遍过大（或过小）。分流电路参与那部分电路工作，那部分量程受影响。

6.某一量程误差突出。原因是该量程分流电阻变化。若为交流档共用，则交流档有关的量程也受影响。

7.各量程误差无一致性，而且相差较大。原因是各档分流电阻不准确。若为交流电流共用，交流有关量程也受其影响。若为其它部分的固定分流电路，其它部分也受影响。

8.刚通电时误差良好，通电时间长误差慢慢增加。可能原因是分流电阻功率不足，焊接不良。多出现于大电流量程。

除此之外，由于机械结构（如开关结构），元件安装以及电路交叉等方面的原因，仪表可能出现其它异常故障。而且有可能几种故障交织在一起，这就应按照电路图，结合实物结构和故障情况综合进行分析、观察、测试，分析出可能原因后，再抓住其可能的特点进行反证性的试验而证实；另一个方法是用电阻表对怀疑的部分逐步进行检查。这些问题在下面各部分电路中也是如此，后不重叙。

调整直流电流测量电路时，应先将那些特大误差初步调整到与大部分量程一致。而后在最小量程用改变表头灵敏度或改变与表头串联的公共调整电阻（往往是可变的）阻值的方法，使仪表各数字点误差尽可能小，并使直流电流（同时还需考虑到相关的其它部分）大部分量程（或尽可能多的量程）能够一致合格，以免使调整过多破坏仪表电路原有参数。其余量程的误差可以从最大量程至最小量程方向逐个调整至各数字点均合格，并尽量小。调整时电阻丝焊头的绝缘层和氧化物等必须彻底除尽，焊接要牢靠，以免阻值变化。

二、直流电压测量电路的调整

直流电压测量电路，具有多种形式。有的是独立的，有的是在直流电流测量电路最小量程的基础上再串以倍压电阻组成；有的是倍压电路与交流电压共用，有的是表头部分公共电路与直流电流或交流部分有共用的支路等。调整时必须根据电路图掌握好它的特点，以便正确分析故障。

直流电压常见的故障分析如下。

1.标准表工作，而被校表各量程均不工作。可能原因是：

①表头公共电路部分专用以改变电压测量电路灵敏度的分流电阻短路。

②最低量程倍压电阻断路（指倍压电阻是串联共用式的）。

③测量项目转换开关接触点或凸轮开关直流电压电路的接触点，或其联线断开。

2.某一量程不工作，其它量程都工作。原因是该量程转换开关接触点不良或该量程的倍压电阻的联线断线。

3.某一量程前工作，某一量程后不工作。原因是该量程倍压电阻或其联线断路。

4.最小量程误差大，随量程的增高而减小。原因是该量程倍压电阻不良，阻值变化。

5.在250伏（甚至100伏）以上电压量程误差大，并随量程额定电压的增高而增大。可能原因是：

①高压量程转换开关绝缘片绝缘不好。

②高压电阻板绝缘不良。

③高压倍压电阻变质，或表面不清洁。

6.某一量程误差突出，其以前量程误差合格，其以后量程误差随量程的增高而减小。原因是该档倍压电阻变化。

7.全部量程误差在同一符号下增大。原因是公共电路中用来改变电压测量电路灵敏度的分流电阻阻值变化。

若交流电压与直流电压为公用一电路时，这些故障对交流电压也有影响。

直流电压的调整是在直流电流已调好的基础上进行的。当直流电流部分调修好后，直流电压及其它部分的故障就相对地减少了。调整时，应先调整表头公共电路中专用以改变电压测量电路灵敏度的分流电阻，使大部分或尽可能多量程误差合格（尽量小），而后自最小量程至最大量程逐个调好。直流电压测量电路的电阻元件，有线绕电阻、炭质电阻，线绕电阻在调整时应将线头绝缘质和脏物除净，焊接要可靠；炭质电阻焊接后，应使之完全冷却后才进行试验，以免阻值变化而增大误差。炭质电阻的误差比较大（5—20%），而且定值级差也很大，这给误差调整带来很大困难。为了能将仪表的误差调到尽可能小，在空间许可的情况下，可将原倍压电阻稍加减小，而后再串一个小电阻来补偿不足的数值。也可利用电阻实际误差较大的特点，用电阻表、电桥、高阻表等仪器挑选数值合适的使用。变质和裂纹的电阻不得再用。

高压绝缘不良时，应将有关绝缘件擦洗干净，置于60～70℃的温度下干燥 8 ～16小时；必要时应将绝缘件烘烤后浸漆，甚至用绝缘性良好的绝缘件更换。

三、交流电流测量电路的调整

交流电流测量电路有的是用互感器扩展量程，有的是用分流电阻扩展量程。用分流电阻扩展量程的结构形式中，有的是与直流电流共用分流器，有的则是独立的分流电路。在与交流电压测量电路的联系上，除表头和整流器之外，有的完全没有联系，有的只有改变测量电路灵敏度的电路是共用的，有的是交流电流的全部电路都为交流电压所利用。分析故障和调整电路时必须认识其特点。

常见故障分析如下。

1.被校表全不工作，标准表工作。可能原因及其对交流电压部分的影响是：

①用来改变交流测量电路灵敏度的分流电阻被短路。为交流电压共用时，对交流电压有影响。

②互感器或分流器两端至整流器的接线或转换开关，或凸轮开关不通。为交流电压共用时交流电压受影响。

③互感器次级绕组断路，或初级绕组全被短路。为交流电压共用时交流电压受影响。

④半波整流电路中与表头并联的整流器被击穿。交流电压受影响。

⑤桥式整流器正、负极至表头正、负极的线路，转换开关或凸轮开关没有接通。交流电压受影响。

⑥全波整流器全被击穿。交流电压受影响。

2.被校表和标准表全不工作。可能原因是测量项目转换开关和联接交流电路的凸轮开关接点及其联线没有接通。与交流电压共用时交流电压受影响。

3.某一量程标准表和被校表都不工作。可能原因是接于仪表正负端子的量程转换开关及其联线没有接通。与交流电压共用时交流电压受影响。

4.各量程误差均为正（或负），或大部分量程有这种趋势。可能原因是：

①用来改变测量电路灵敏度的公共电路中，为交流独有的与表头串联的电阻过小（或过大）。与交流电压共用时，对交流电压有影响。

②用来改变测量电路灵敏度的公共电路中，为交流独有的分流电阻过大（或过小）。与交流电压共用时，交流电压受影响。

③互感器次级并联的电阻过大（或过小）。与交流电压共用时，交流电压受影响。

④整流器整流系数变化。交流电压受影响。

⑤互感器次级有部分绕组短路。交流电压共用时交流电压受影响。

⑥分流电阻普遍变大（或变小）。交流电压共用时，交流电压受影响。

5.被校表自最小量程至某一量程指针摆动极快，而在其余量程又无指示。可能原因是分流器或自耦式互感器该档和不工作开始档之间的分流电阻或绕组断开。若断开点是在最小量程的分流电阻或绕组时，仅最小量程有此现象，其余量程不指示；若断开点在最大量程的分流电阻或绕组时，则全部量程均有指针摆动快的现象。交流电压共用此电路时，交流电压也受影响。

6.自最大量程至某档指示正常，其余量程不工作。原因是互相隔开的两个绕组的互感器，工作正常档和不工作开始档之间的绕组断路。与交流电压有联系时交流电压受影响。

7.被校表指针在刻度零点左右快速摆动。原因是与表头串接的整流器被击穿。交流电压也受影响。

8.标准表指示准确，而被校表指示约50%。桥式整流电路中有一个整流器被击穿。交流电压也受影响。

9.某一量程误差突出。原因是该量程分流电阻变化，或互感器绕组短路。交流电压共用此电路时，交流电压也受影响。

10.各量程出现非一致性误差。原因是各分流电阻阻值变化，或互感器不良。交流电压用此电路时交流电压受影响。

交流电流的调整是在直流电流调整好后进行的。而且必须先排除整流器故障。整流系数降低不严重时，可调整交流公共调整电阻使仪表误差合格。调整公共电阻时必须认清电路，不能误动，否则会将已调好的部分破坏。调整公共电阻可使仪表一致性误差缩小。个别量程误差突出时，只有调整该扩展量程的电路，仪表才能合格。交流分流电路也为直流电流的分流电路时，一般只调整表头公共电路中交流专用调整电阻，即能使交流电流各量程合格。当个别量程不合格时，只有把交流电流该量程所包括的直流量程（有的是同一量程，有的是直

流的两个或三个量程）的分流电阻稍加调整，兼顾交流电流和直流电流各量程误差均合格。交流分流电路独用时，可直接调整相应的分流电阻。扩展量程是采用互感器时，个别突出误差则是该量程绕组匝数不准确所造成的，可补充绕几圈、串入该绕组中（正误差时反串入，负误差时正串入）或重绕互感器，使之合格。调整分流电阻时，应焊接牢靠，以免阻值变化。调整分流电阻顺序与直流电流相同。

四、交流电压测量电路的调整

交流电压测量电路中的倍压电路，有与直流共用的，有独立的。改变测量电路灵敏度的公共电路，在具有交流电流测量电路的万用表中一般与交流电流共用，也有交流电流和交流电压分开的；而在没有交流电流测量电路的万用表中，往往与直流电流或直流电压联系在一起，但也有独立的。调整前必须掌握所修表的电路特点。

常见故障分析如下：

1.全部量程不工作。可能原因是：

①单独用来改变测量电路灵敏度的公共电路中，交流电压专用的与表头串联的电阻断路，或与表头并联的分流电路短路。

②在公共电路中或在仪表正负端电路中的测量项目转换开关或其联线没有接通。

③接通交流电压的凸轮开关接触点或其联线不通。

④最小电压量程倍压电阻断路。

2.被校表某一量程不工作。其原因是该档转换开关接触点或其联线不通。

3.被校表某一量程前工作，其后量程都不工作。原因是该档与开始不工作那档间的倍压电阻断路。

4.最小量程误差大。原因是该量程倍压电阻变化。

5.高压量程误差大。可能原因是：

①高压量程转换开关绝缘片绝缘不良。

②高压电路部分的绝缘件绝缘不良。

③高压量程的倍压电阻变质，或其表面不清洁。

6.某一量程误差突出。原因是该量程倍压电阻不良，阻值变化。

7.全部量程误差大，或大部分量程有这种趋势。可能原因是改变测量电路的公共电路中，交流电压独有的与表头串联或并联的电阻变化。

有的万用表，交流电压小量程的灵敏度不一致，其测量值是从互感器各抽头中取出的（如581万用表的2.5伏、10伏、25伏等），这些量程的故障为各自电路所决定。这种情况下，上面所指的最小量程是指连续式倍压电路中的最低量程，而不是电压数值最小的量程。

由于直流电流、直流电压、交流电流等已调好，交流电压的故障就大大缩小了。交流电压各量程误差是一致性的或大部分量程有一致性的趋势时，可调整公共电路中专用以改变交流电压测量电路灵敏度的电阻来减小误差。个别量程突出的误差，只能调整各自的倍压电阻。当交直流电压共用一个倍压电路时，调整个别量程误差应兼顾直流电压误差不得超出允许值。调整顺序与直流电压相同。如果仪表中无交流电流量程，则整流器可能产生的故障，无疑影响交流电压，因此，须考虑并加以排除。

五、电阻测量电路的调整

电阻测量电路，一般都是以直流电流的测量电路为基础。改变灵敏度靠直流电流的分流电路来实现。有的高量程是用提高电压或同时提高电压和灵敏度的方法来扩展量程，通常以直流电流的某个量程的电路为基础。有的万用表，电阻扩展量程的电路是独立的。电阻表的工作电源电压，有的是一个电源，有的是两个电源；有的是内附的，有的是外加的电源。常见的内附电压有：1.5伏、3伏、4.5伏、6伏、9伏、15伏、和22.5伏；外加电压有45伏、交直流220伏等。欧姆调零电阻，有的是与表头回路相串联，有的是与表头并联的。调整前必须掌握电路特点。

常见故障分析如下：

1.全部量程不工作。可能原因是：

①电池无电能输出。

②电池正负极与接触片没有接触或接触片联线不通。

③表头公共电路部分电阻测量电路专用的与表头串联的电阻不通。

④表头公共电路中，电阻测量电路专用的与表头并联的电阻短路。

⑤表头公共电路中或仪表正负端电路中的测量项目转换开关或凸轮开关没有接通。

2.个别量程不工作。原因是该量程的转换开关接触点或其联线没有接通。或该量程专用的串联电阻断路。

3.全部量程调不到零。可能原因是：

①电池老旧。

②欧姆调零电阻可变头没有接触上或可变头电路不通。与调零电阻串联的电阻阻值过大或过小。

③与表头串联或并联的电阻阻值有大范围变化。

④扩展量程的分流电路不通或短路。

4.个别量程调不到零。原因是该量程的分流电阻或限流电阻变化。

5.调零时指针跳动。原因是调零电阻可变头接触不良。

6.全部量程少指很多。多出现在闭合分流电路的情况下，可能原因是 R× 1 档分流电阻断开。

7.各量程误差都很大。原因是各量程分流电阻和限流电阻阻值变化。

电阻测量电路，在调整之前应先检查电池容量是否充足，正负极接触是否良好。电池应能保证仪表正负端子短路时，各量程均应能调零，而且在R × 1 档调零后指针应很稳定，不得有漂移现象，否则应更换电池。调整电池夹座的弹片使对电池有足够的压力使接触良好。调整测量电路时，应自R × 1 档至最大量程依次进行（当然这要看具体电路，有的万用表应先调R × 1 K档，而后再调别的档）。不论是调整分流电阻还是调整限流电阻，均是少指时减少，多指时增加。若电阻测量电路与直流电流的分流电路是共用的，调整时应保证直流电流已调好的误差不致破坏。当电阻量程与直流电流量程的分流电路同是一个时，最好不调分流电阻（因为直流电流的精度在万用表中是最高的，而且该量程的误差已调好），而调整限流电阻。当电阻量程的工作电流值不与任何直流量程同一时，调整分流电阻是方便的，但当

分流电阻增加（或减少）一定阻值时，必须将与被调电阻共接一点的与表头回路串联的电阻减少（或增加）同样的阻值，以保证直流电流量程误差不变。欧姆调零电阻接触不良时，应将其接触部分清洗干净，而后适当滑动臂使之接触良好，并且压力要适当。炭质可变电阻的炭膜磨坏时应更换，阻值不得减小。线绕可变电阻断路时，可接通再用，断点太多时应用同规格电阻丝重绕。绕好后用细砂纸将与活动臂相接触的那一面的绝缘物擦去，保证与活动臂接触良好。

总之，调整万用表各类量程之误差时，必须充分了解各类电量测量电路之间的相互联系、各量程误差的分布情况，并在实践中总结经验，选择最好的调整方法，认真细致地进行调整。

第五章　国产各型万用表资料汇编

(1) 100型万用表（结构之一）

（上海大地仪表厂）

一、用途和构造

1. 100型万用表共有三十档量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻及音频电平等。

2.外壳用黑色胶木制成，配有木箱，适于流动性工作。面板上装有转换开关二只（测量种类及量程选择开关各一只）、零欧姆调整器一只、插孔四个（+、-、1000～、2500～）。转换开关及调整器各配胶木旋钮一只。插孔“-”为公用端。

3.表头采用大地4½″方型磁电式电表，表面宽大，刻度清晰。正下方装有指针调零器。

4.电阻档采用1.5伏2号电池一节（R×1、R×10、R×100、R×1000档用）；1.5伏5号电池六节（R×10K档用）。电池装在表底夹层中，与内部零件隔离，可避免因换电池或电池腐烂而损害内部零件。电池盖板在表底面，铝制盖板上印有电路图。

5.本表外形尺寸为185×140×75毫米；重约1.5公斤（不包括表盒）。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-0.1-1-10-50-250-500-1000mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-1-10-50-250-500-1000-2500 V	2000Ω/V	±3	
交流电压	0-10-50-250-500-1000-2500 V	2000Ω/V	±4	
电阻	中心值：10、100Ω、1、10、100KΩ		±4	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100、×1K、×10K			
	范围：0-2-20-200KΩ-2-20MΩ			
电平	-20dB——+55dB			

2.表头参数：

灵敏度：90微安；　内阻：968欧姆；　线径：0.03毫米；　圈数：900匝。

三、电路图

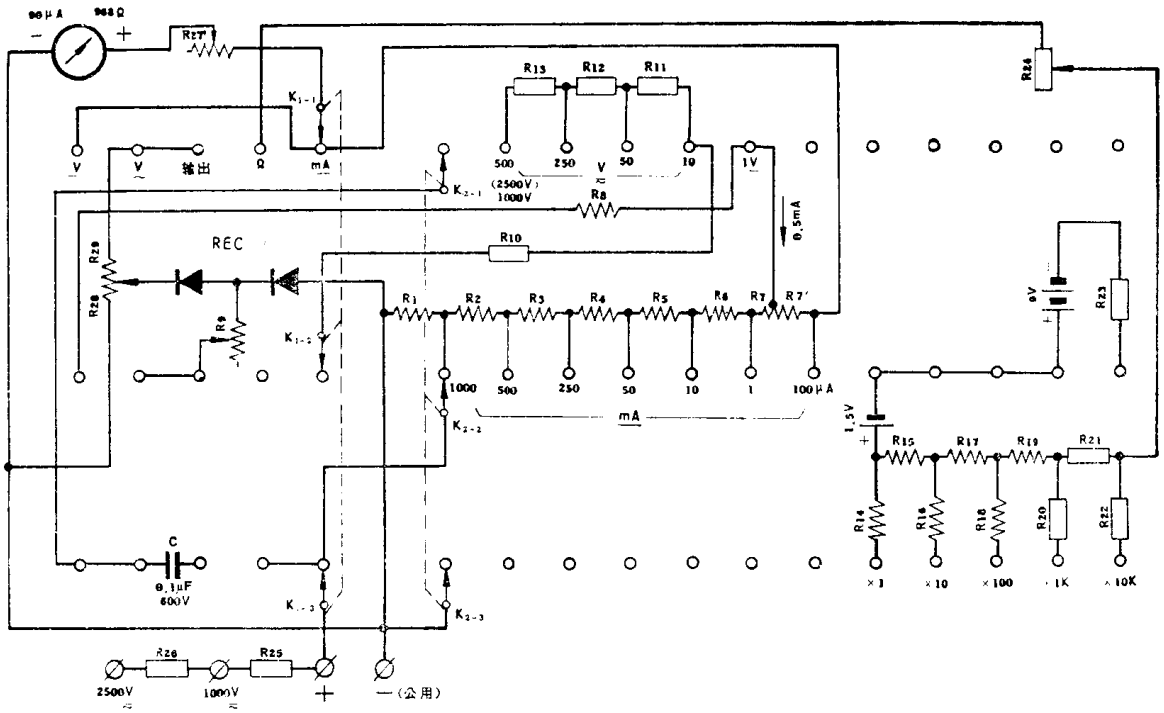


图 5 —1.1　100型万用表（结构之一）总电路图

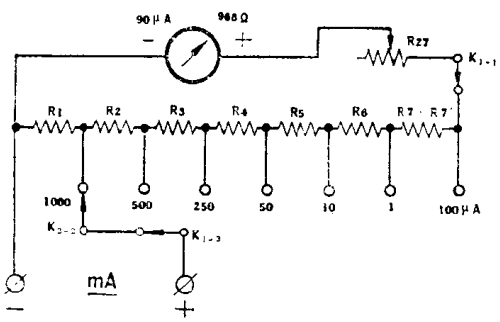


图 5 —1.2　直流电流测量电路

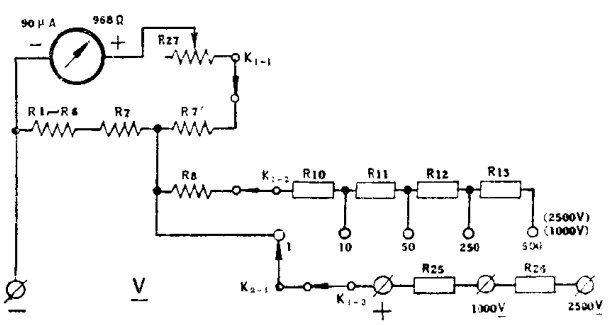


图 5 —1.3　直流电压测量电路

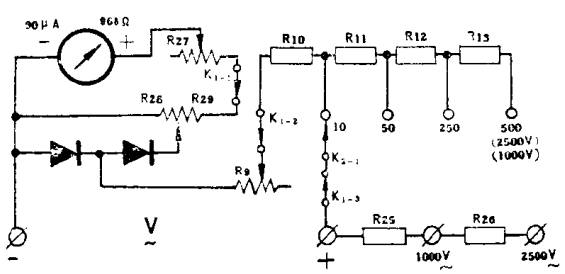


图 5 —1.4　交流电压测量电路

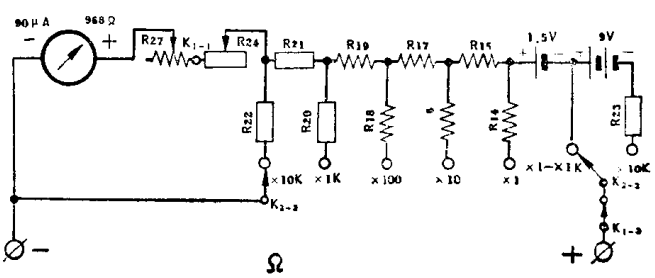


图 5 —1.5　电阻测量电路

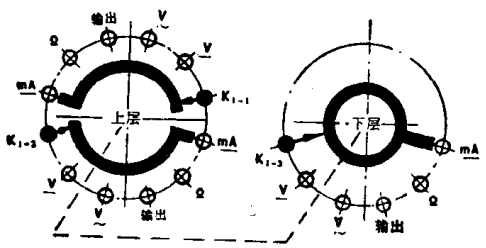


图 5 —1.6　测量种类转换开关

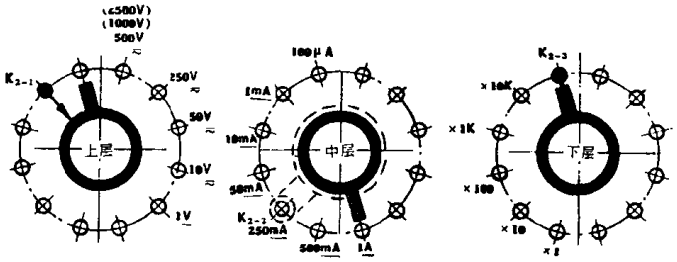


图 5 —1.7　量程转换开关

注：本书各型万用表转换开关结构图均以面板反面从上向下看去，离面板远的一层为上层，靠近面板的一层为下层。

100型万用表结构之一元件数据表

代号	名　　称	规　　格	代号	名　　称	规　　格
R_1	线绕电阻	1Ω	R_{17}	线绕电阻	70Ω
R_2	线绕电阻	1Ω	R_{18}	线绕电阻	950Ω
R_3	线绕电阻	2Ω	R_{19}	线绕电阻	1.4KΩ
R_4	线绕电阻	16Ω	R_{20}	炭膜电阻	10KΩ
R_5	线绕电阻	80Ω	R_{21}	炭膜电阻	18KΩ
R_6	线绕电阻	900Ω	R_{22}	炭膜电阻	20KΩ
R_7 R_7'	线绕电位器	1KΩ 8KΩ	R_{23}	炭膜电阻	82KΩ
R_8	线绕电阻	340Ω	R_{24}	炭膜电位器	8KΩ
R_9	可变线绕电阻	2.8KΩ	R_{25}	炭膜电阻	1MΩ
R_{10}	炭膜电阻	18KΩ	R_{26}	炭膜电阻	3MΩ
R_{11}	炭膜电阻	80KΩ	R_{27}	可变线绕电阻	1.3KΩ
R_{12}	炭膜电阻	400KΩ	R_{28}	线绕电位器	1.5KΩ
R_{13}	炭膜电阻	500KΩ	R_{29}		0.9KΩ
R_{14}	线绕电阻	9Ω	C	纸质电容器	0.1μF 600 V
R_{15}	线绕电阻	7Ω	REC	整流器	氧化铜
R_{16}	线绕电阻	90Ω			

(2) 100型万用表（结构之二）

100型万用表（结构之二）与100型万用表结构之一有下列几点差异：

1.没有电压1000伏专用插孔；

2.交流档采用氧化铜全波整流式电路；

3.测量种类转换开关较结构之一多一组接点；

4.电路结构亦有所不同，见图5—2.1、5—2.2、5—2.3。

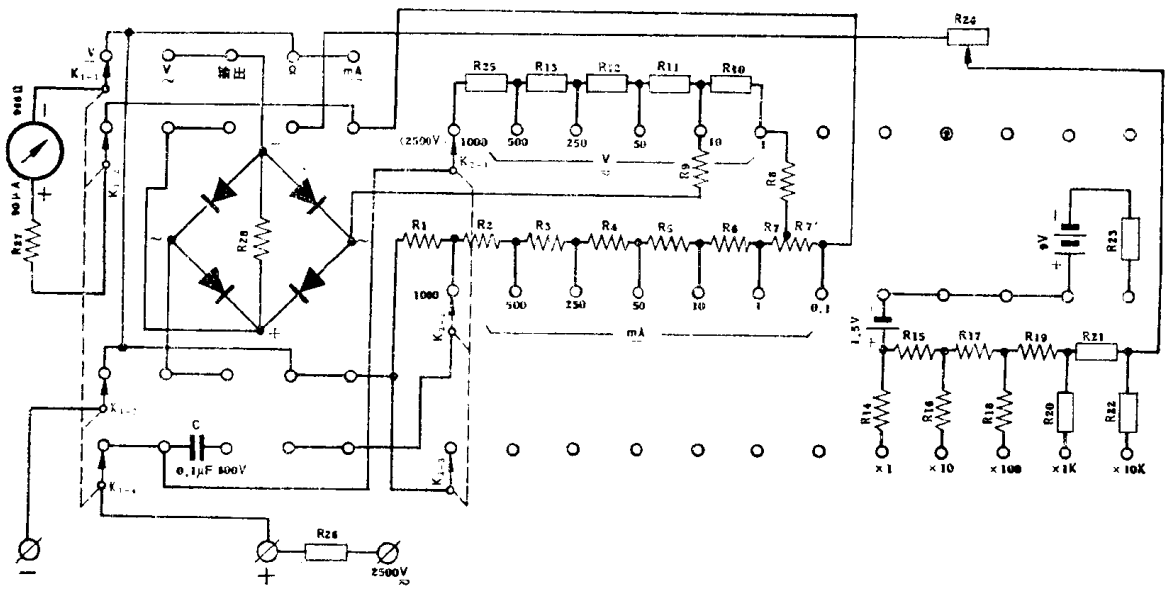


图 5 —2.1　100型万用表（结构之二）总电路图

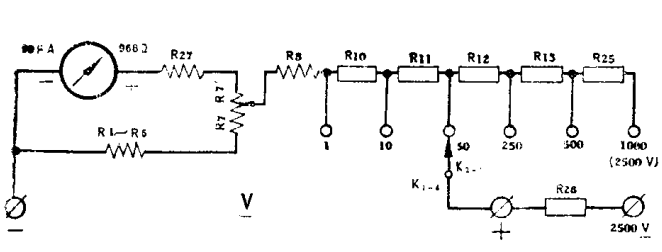


图 5 —2.2　直流电压测量电路

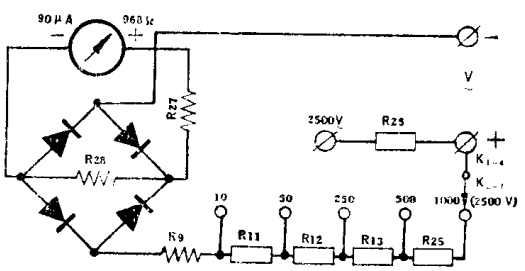


图 5 —2.3　交流电压测量电路

（3）100型万用表（结构之三）

100型万用表（结构之三）与100型万用表结构之一有下列两点差异：

1.面板上印有英文MODEL100字样；

2.电阻电路分图不同，见图 5 — 3 。

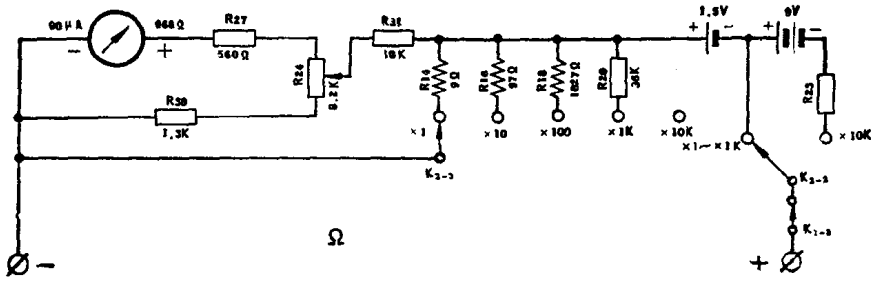


图 5 — 3　电阻测量电路

(4) 105型万用表（结构之一）

（上海震华电器厂）

一、用途和构造

1.105型万用表（结构之一）共有十八档量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻及音频电平等。

2.仪表装于木制外壳内，有盒盖和皮提手，便于携带。面板用夹布胶木制成，上附印字铝板一块。铝板上装有转换开关二只（测量种类及量程选择开关各一只）、零欧姆调整器一只、插孔四个（+、-、3000乏、输出），转换开关及调整器各配胶木旋钮一只。使用时，“3000乏”及“-”二插孔测3000伏以下交直流高压；“+”及“输出”二插孔测音频电平；其它测量均用“+”、“-”两个插孔。

3.表头采用震华128×107毫米方型磁电式电表，表面宽大，刻度清晰。正下方装有指针调零器。

4.电阻档采用1.5伏1号电池四节（R×1、R×10、R×100、R×1K档用）；67.5伏迭层电池一节（R×10K档专用）。电池装在壳内底部，换电时需揭开面板。

5.本表外形尺寸为200×150×120毫米；重约1公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-3-30-300mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-6-30-150-600-3000 V	2000Ω/V	±3	
交流电压	0-6-30-150-600-3000 V	2000Ω/V	±4	
电阻	中心值：12、120Ω、1.2、12、120 K		±4	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100Ω、×1、×10 K			
	范围：0-2-20-200KΩ-2-20MΩ			

2.分贝刻度：－10dB—0—＋10dB

3.表头参数：

灵敏度：400微安；内阻：300欧姆；线径：0.04毫米；圈数：300匝。

三、电路图

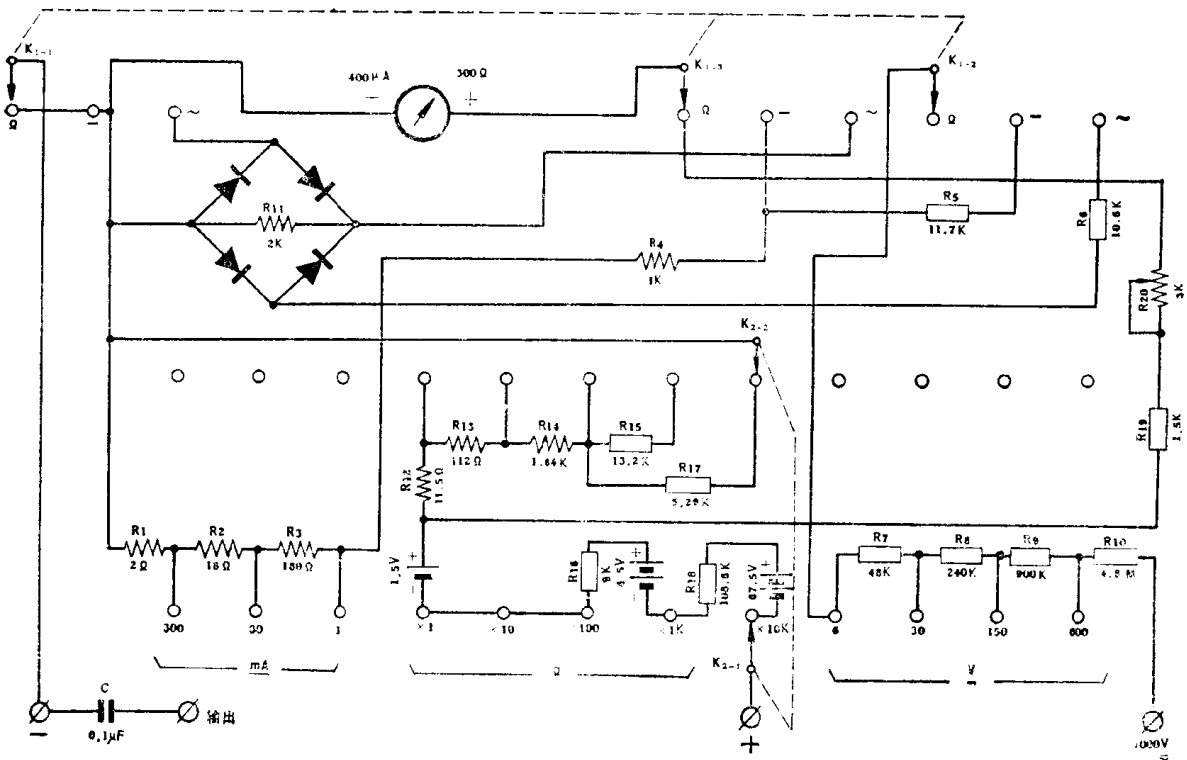


图 5—4.1　105型万用表（结构之一）总电路图

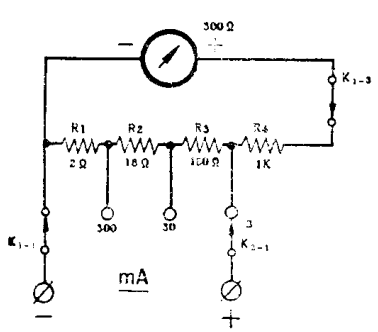


图 5—4.2　直流电流测量电路

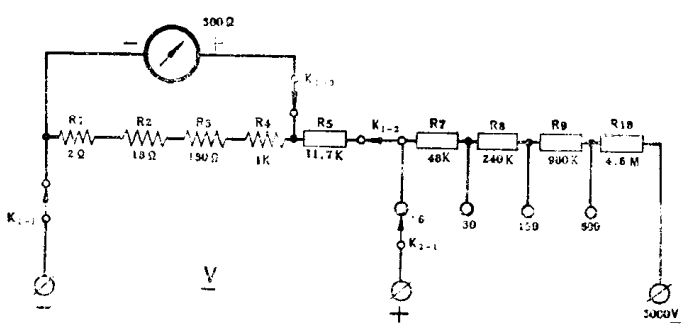


图 5—4.3　直流电压测量电路

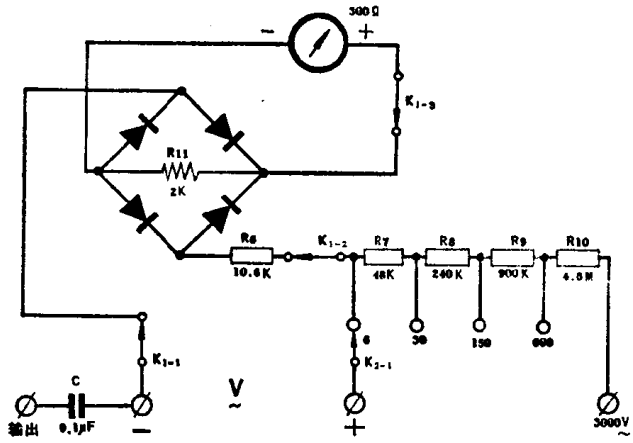


图 5—4.4　交流电压测量电路

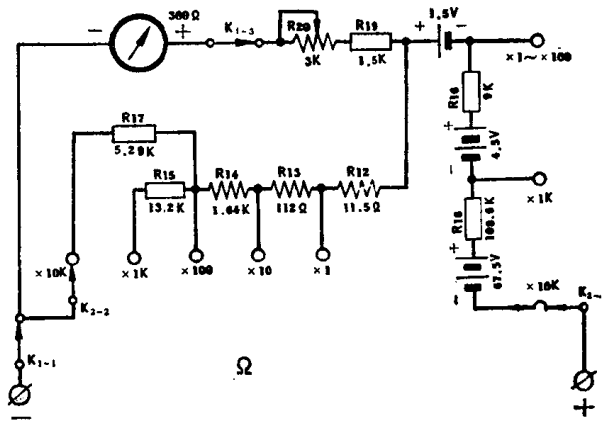


图 5—4.5　电阻测量电路

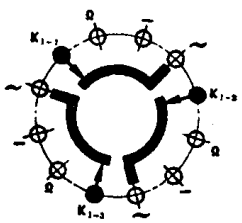


图 5—4.6　测量种类转换开关

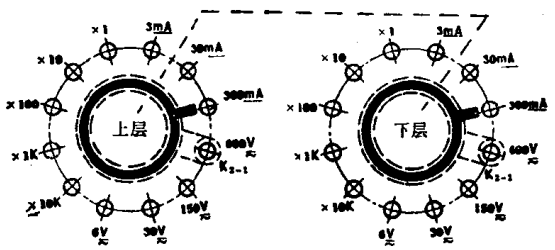


图 5—4.7　量程转换开关

(5) 105型万用表（结构之二）

一、用途和构造

1.除高压插孔改为“1500⊻”外，测量种类和外壳、面板、表头等结构均与结构之一相同。

2.内部电阻零件主要装在接线板上，接线板固定在转换开关上。接线简短清晰，便于检查和修理。

3.电阻档采用 2 号电池七节（1.5伏＋9伏），电池装在壳内底部，换电池时须揭开面板。

5.本表外形尺寸为202×160×100毫米；重约 1 公斤。

6.另一种产品无盒盖。电池装在表底夹层中，与电路用三眼插座和插头相连。表底另有一槽用来装表棒。内部零件排装在接线板上，接线板固定在表头后面。表头外形尺寸为118×106毫米。三只小型可变电阻外形及阻值也略有不同。其它均与本节所述各项相同。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-3-30-300mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-6-30-150-300-1500 V	2 KΩ/V	±3	
交流电压	0-6-30-150-300-1500 V	2 KΩ/V	±4	
电阻	中心值：12-120Ω-1.2-12-120KΩ 倍数：R×1、×10、×100Ω、×1、×10K 范围：0-2-20-200KΩ-2-20MΩ		±4	以刻度尺全长的百分数表示

2.分贝刻度：－10dB—0—＋10dB

3.表头参数：

灵敏度：60微安；内阻：2400欧姆。

三、电路图

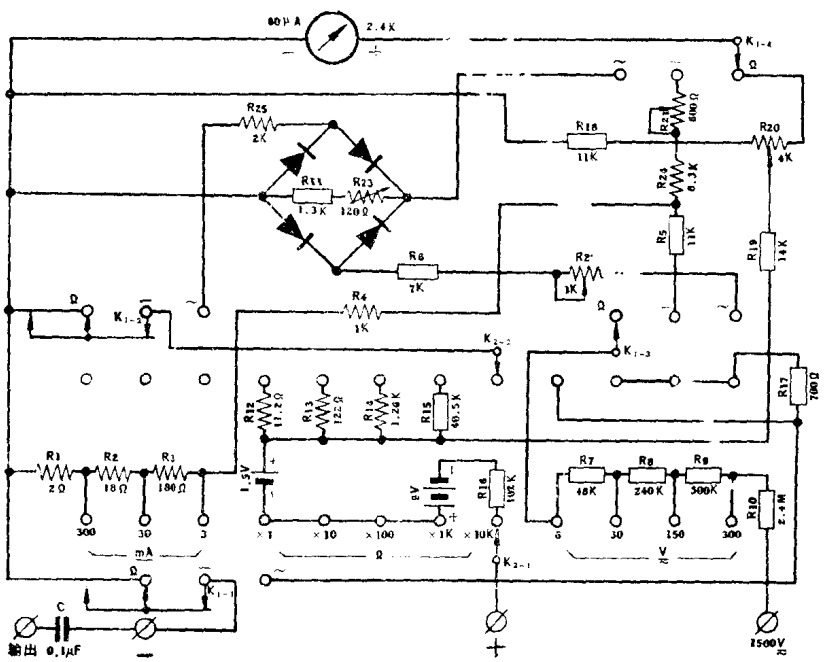


图 5—5.1　105型万用表（结构之二）总电路图

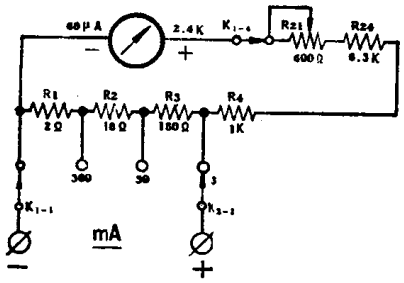


图 5 —5.2　直流电流测量电路

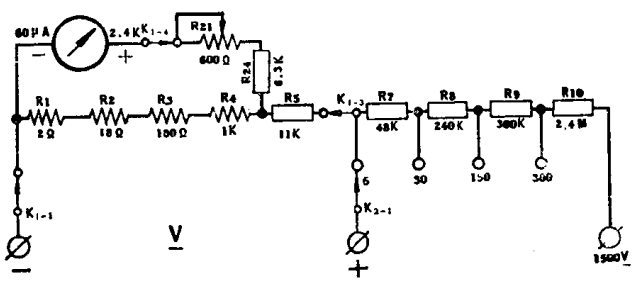


图 5 —5.3　直流电压测量电路

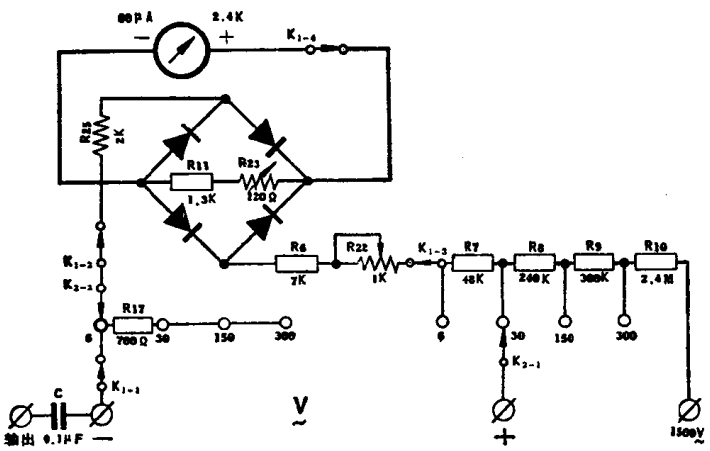


图 5 —5.4　交流电压测量电路

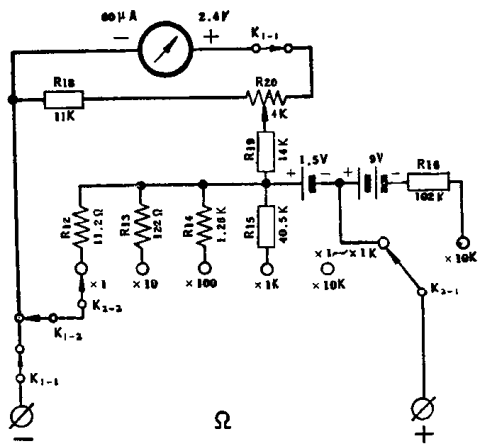


图 5 —5.5　电阻测量电路

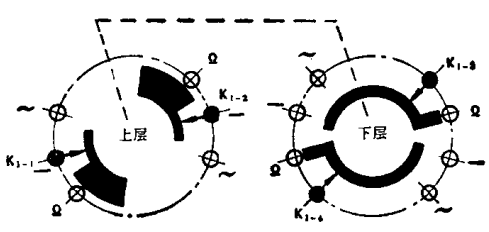


图 5 —5.6　测量种类转换开关

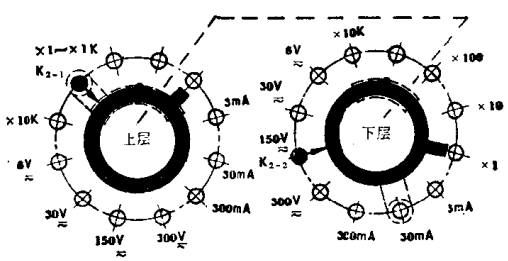


图 5 —5.7　量程转换开关

105型万用表（结构之二）元件数据表*

代号	名称	规格	代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	2Ω	R_{10}	炭膜电阻	2.4MΩ	R_{19}	炭膜电阻	14KΩ
R_2	线绕电阻	18Ω	R_{11}	炭膜电阻	1300Ω	R_{20}	线绕电位器	4KΩ
R_3	线绕电阻	180Ω	R_{12}	线绕电阻	11.2Ω	R_{21}	小型线绕电位器	600Ω
R_4	线绕电阻	1KΩ	R_{13}	线绕电阻	122Ω	R_{22}	小型线绕电位器	1KΩ
R_5	炭膜电阻	11KΩ	R_{14}	线绕电阻	1260Ω	R_{23}	小型线绕电位器	120Ω
R_6	炭膜电阻	7KΩ	R_{15}	炭膜电阻	40.5KΩ	R_{24}	炭膜电阻	6.3KΩ
R_7	炭膜电阻	48KΩ	R_{16}	炭膜电阻	102KΩ	R_{25}	线绕电阻	2KΩ
R_8	炭膜电阻	240KΩ	R_{17}	炭膜电阻	700Ω	C	纸质电容器	0.1μF
R_9	炭膜电阻	300KΩ	R_{18}	炭膜电阻	11KΩ			

* 当表头参数有所变动时，R_5、R_6、R_{11}、R_{18}、R_{24}、R_{25}也相应变动。

（6）105型万用表（结构之三）

一、用途和构造

1．105型万用表结构之三共有廿档．可以测量直流电流、交直流电压、电阻及音频电平等。

2．仪表装于木制外壳内，有皮提手，便于携带。面板用夹布胶木制成，上附印字铝板一块。铝板上装有转换开关一只（兼管测量种类及量程选择）、零欧姆调整器一只、插孔四个（+、-、1500～、输出）、转换开关及调整器各配胶木旋钮一只。使用时，“1500～”及“-”二插孔测1500伏以下交直流高压；“+”及“输出”二插孔测音频电平；其它测量均用“+”、“-”两个插孔。

3．表头采用震华128×107毫米方型磁电式电表，表面宽大，刻度清晰。正下方装有指针调零器。

4．电阻档采用1.5伏1号电池二节（R×1、R×10、R×100、R×1K档用），22.5伏层叠电池一节（R×10K档专用）。电池装在壳内底部，换电时须揭开面板。

5．本表外形尺寸为202×160×100毫米；重约1公斤。

二、主要技术性能

1．测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-3-30-300mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-6-30-150-300-600-1500V	2KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-6-30-150-300-600-1500V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：12-120Ω-1.2-12-120KΩ		±4	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100Ω、×1、×10KΩ			
	范围：0-2-20-200KΩ-2-20MΩ			

2.分贝刻度：－10dB—0—＋10dB

3.表头参数：

灵敏度：125±1微安；

内　阻：750±50欧姆；

线径：0.04毫米；

圈数：800匝。

三、电路图

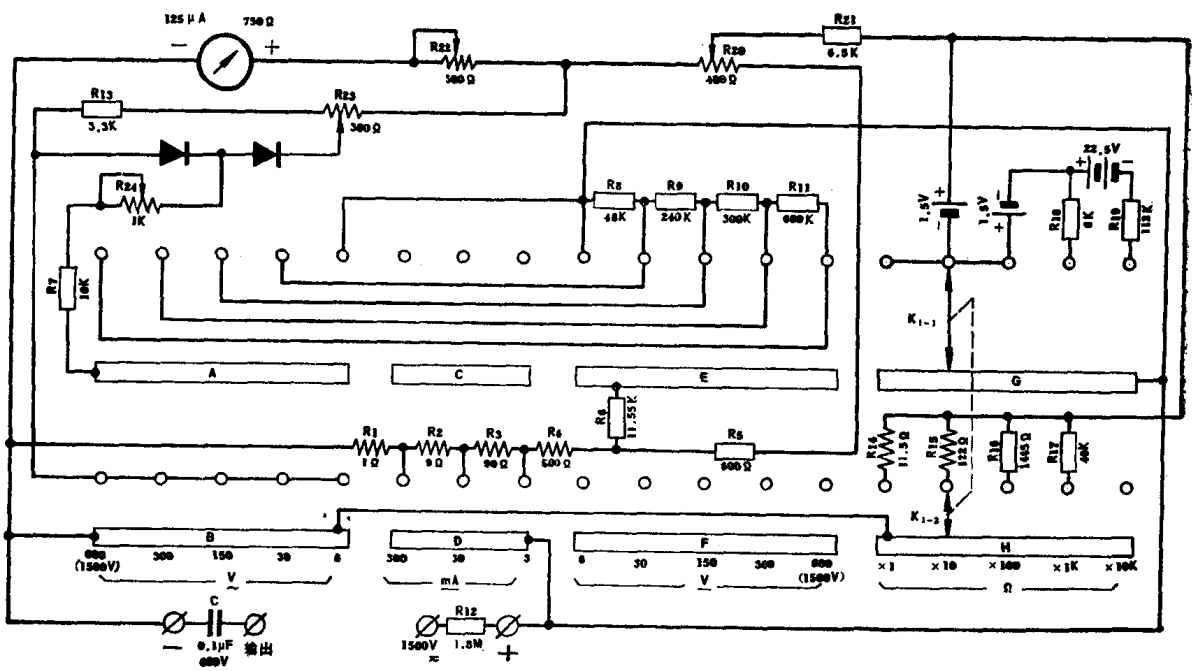


图5—6.1　105型万用表（结构之三）总电路图

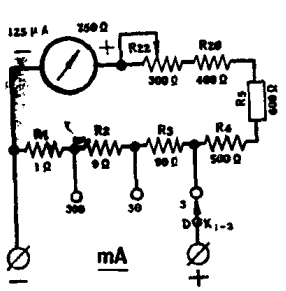


图5—6.2　直流电流测量电路

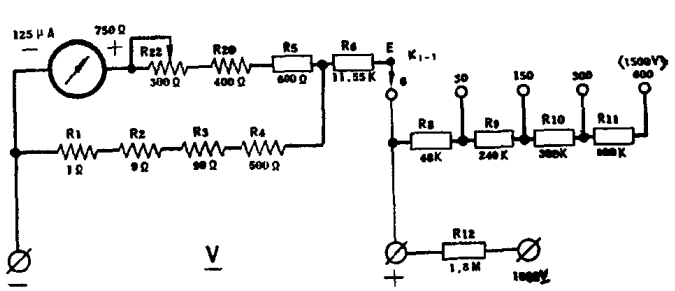


图5—6.3　直流电压测量电路

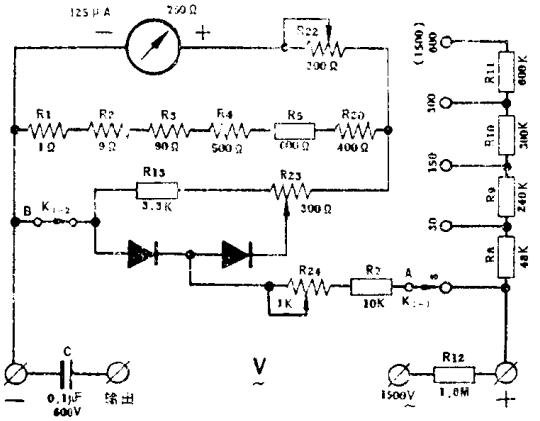


图 5 —6.4　交流电压测量电路

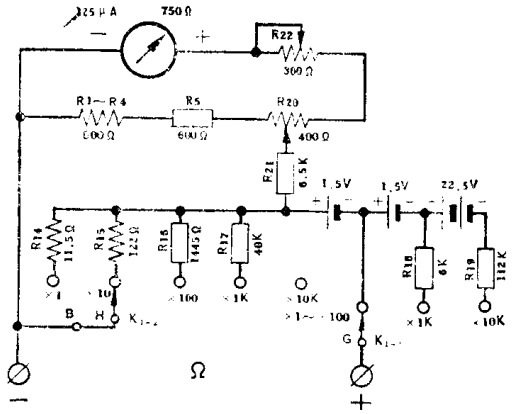


图 5 —6.5　电阻测量电路

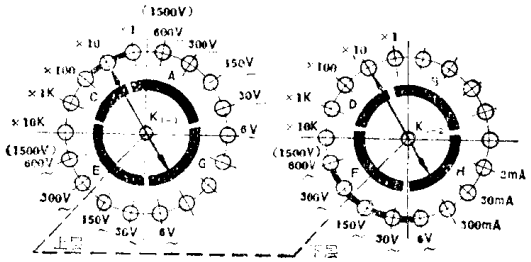


图 5 —6.6　测量种类、量程转换开关

105型万用表（结构之三）元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1Ω±0.004Ω	R_{11}	炭膜电阻	600KΩ±0.5% 1/2W	R_{21}	炭膜电阻	6.5KΩ±1%
R_2	线绕电阻	9Ω±0.2%	R_{12}	炭膜电阻	1.8MΩ±1%2W	R_{22}	小型线绕电位器	300Ω±50Ω
R_3	线绕电阻	90Ω±0.2%	R_{13}	炭膜电阻	3.3KΩ±1%1/4W	R_{23}	小型线绕电位器	300Ω±20Ω
R_4	线绕电阻	500Ω≤±0.5%	R_{14}	线绕电阻	11.5Ω±0.5%	R_{24}	小型线绕电位器	1KΩ±100Ω
R_5	炭膜电阻	600Ω≤±0.5%	R_{15}	线绕电阻	122Ω±0.5%	C	纸质电容器	0.1μF600 V
R_6	炭膜电阻	11.55KΩ±0.5% 1/4W	R_{16}	炭膜电阻	1445Ω±1%			
R_7	炭膜电阻	10KΩ±2%1/4W	R_{17}	炭膜电阻	40KΩ±2%			
R_8	炭膜电阻	48KΩ±0.5%1/4W	R_{18}	炭膜电阻	6KΩ±1%			
R_9	炭膜电阻	240KΩ±0.5% 1/2W	R_{19}	炭膜电阻	112KΩ±1%			
R_{10}	炭膜电阻	300KΩ±0.5% 1/2W	R_{20}	线绕电位器	400Ω±20Ω			

(7) 105型万用表（结构之四）

一、用途和构造

1．105型万用表结构之四共有二十档，可以测量直流电流、交直流电压、电阻及音频电平等。

2.木盒及面板布置与结构之三完全相同。

3.表头采用震华128×107毫米方型磁电式电表，表面宽大，刻度清晰。正下方装有指针调零器。

一般105型表头采用外磁结构，磁钢为拚合式，体大而重。结构之四为内磁结构，磁钢用高矫顽磁力材料制成，呈圆柱形，装在动圈内部。整个铁磁部分直径约为4厘米，体小轻便。

4.电阻档采用1.5伏1号电池二节（R×1、R×10、R×100、R×1K档用）；22.5伏迭层电池一节（R×10K档专用）。电池装在壳内底部，换电时须揭开面板。

5.本表外形尺寸为202×160×100毫米；重约1公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差与结构之三相同。

2.分贝刻度与结构之三相同。

3.表头参数：

灵敏度：180微安；

内　阻：900欧姆；

线　径：0.04毫米；

圈　数：900匝。

三、电路图

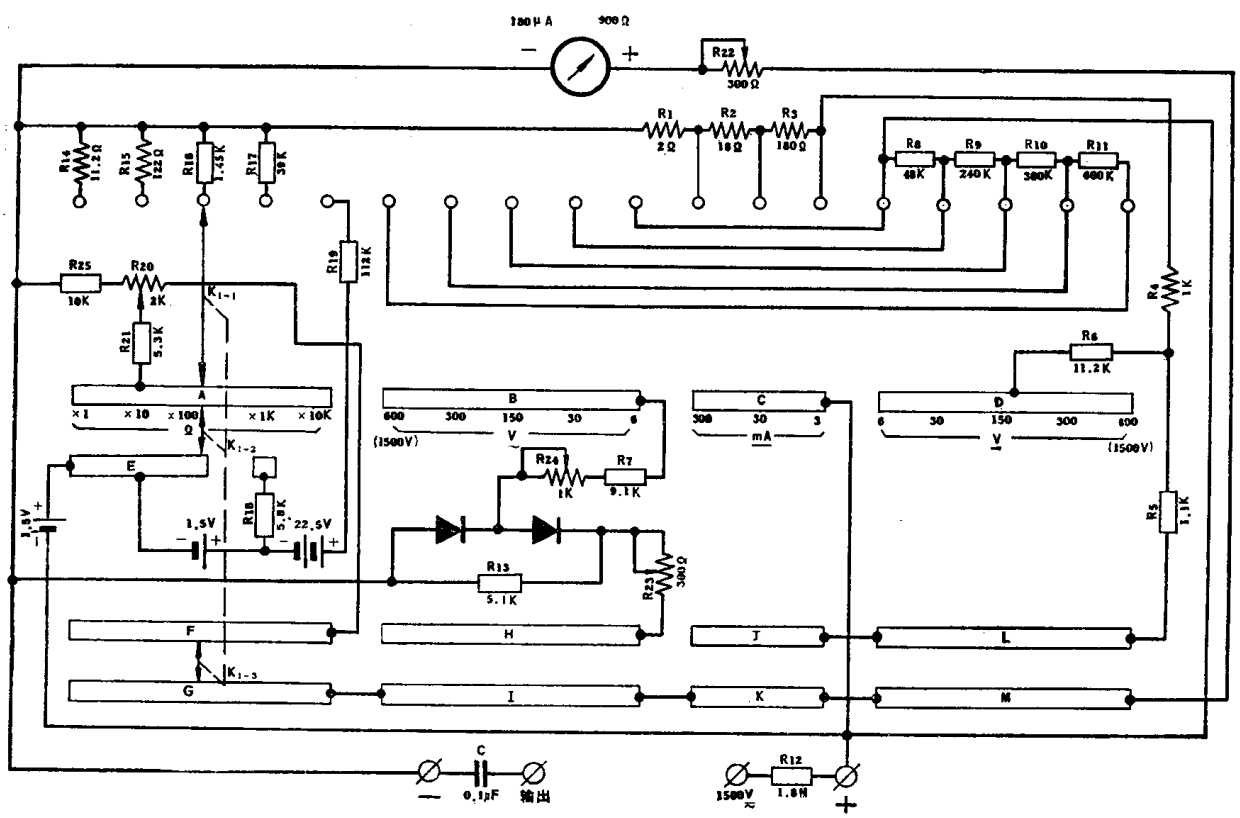


图5—7.1　105型万用表（结构之四）总电路图

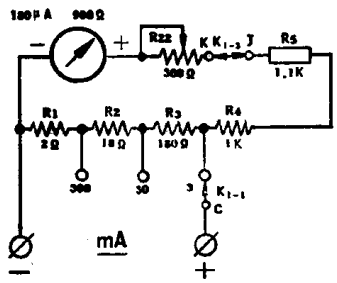


图 5—7.2　直流电流测量电路

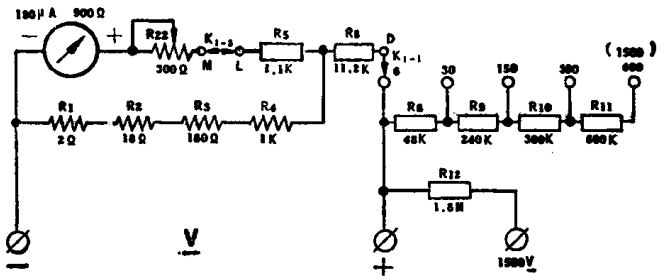


图 5—7.3　直流电压测量电路

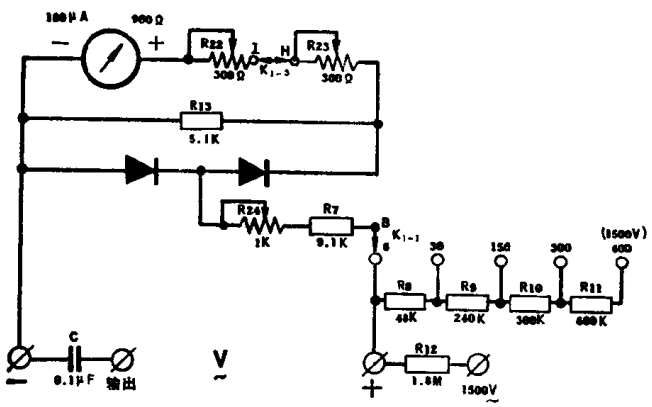


图 5—7.4　交流电压测量电路

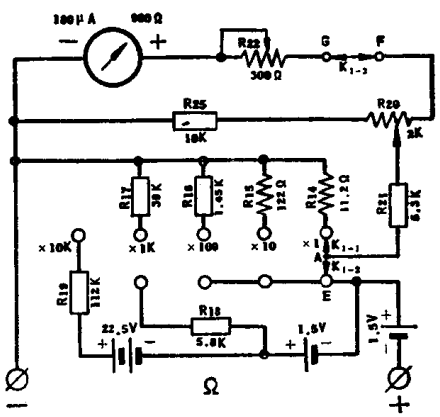


图 5—7.5　电阻测量电路

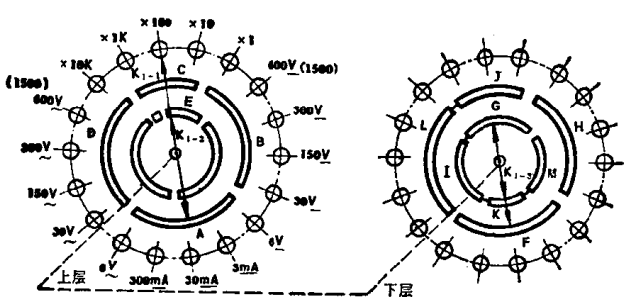


图　5—7.6　测量种类、量程转换开关

105型万用表（结构之四）元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	2Ω	R_{11}	炭膜电阻	600KΩ	R_{21}	炭膜电阻	5.3KΩ
R_2	线绕电阻	18Ω	R_{12}	炭膜电阻	1.8MΩ	R_{22}	小型线绕电位器	300Ω
R_3	线绕电阻	180Ω	R_{13}	炭膜电阻	5.1KΩ			
R_4	线绕电阻	1KΩ	R_{14}	线绕电阻	11.2Ω	R_{23}	小型线绕电位器	300Ω
R_5	炭膜电阻	1.1KΩ	R_{15}	线绕电阻	122Ω	R_{24}	小型线绕电位器	1KΩ
R_6	炭膜电阻	11.2KΩ	R_{16}	炭膜电阻	1450Ω			
R_7	炭膜电阻	9.1KΩ	R_{17}	炭膜电阻	39KΩ	R_{25}	炭膜电阻	10KΩ
R_8	炭膜电阻	48KΩ	R_{18}	炭膜电阻	5.8KΩ	C	纸质电容器	0.1μF
R_9	炭膜电阻	240KΩ	R_{19}	炭膜电阻	112KΩ			
R_{10}	炭膜电阻	300KΩ	R_{20}	线绕电位器	2KΩ			

（8）105型万用表（结构之五）

一、主要技术性能

1.测量范围、基本误差与结构之四相同。

2.分贝刻度与结构之四相同。

3.表头参数：

灵敏度：125微安；

内　阻：750欧姆；

线　径：0.04毫米；

圈　数：850匝。

4.体积与结构之四相同。

二、电路图

除因表头参数不同，电路参数有部分不同（见下表）和交流电压电路中 R_{23} 的位置有所变动外，总电路图和各测量电路图基本与结构之四相同。交流电压测量电路见图 8 。

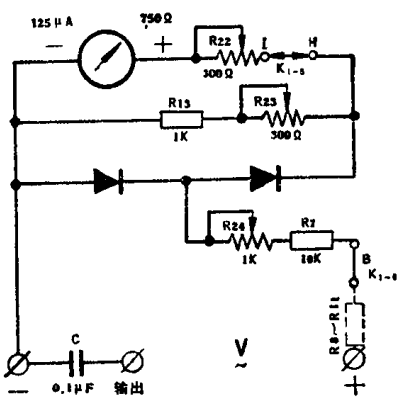


图 5 — 8 交流电压测量电路

105型万用表（结构之五）元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	1Ω	R_{10}	炭膜电阻	300KΩ	R_{19}	炭膜电阻	112KΩ
R_2	线绕电阻	9Ω	R_{11}	炭膜电阻	600KΩ	R_{20}	电位器	400Ω
R_3	线绕电阻	90Ω	R_{12}	炭膜电阻	1.8MΩ	R_{21}	炭膜电阻	6.5KΩ
R_4	线绕电阻	500Ω	R_{13}	炭膜电阻	1KΩ	R_{22}	小型电位器	300Ω
R_5		750Ω	R_{14}	线绕电阻	11.2Ω	R_{23}	小型电位器	300Ω
R_6	炭膜电阻	11.6KΩ	R_{15}	线绕电阻	122Ω	R_{24}	小型电位器	1KΩ
R_7	炭膜电阻	10KΩ	R_{16}	炭膜电阻	1445Ω	R_{25}	炭膜电阻	1.2KΩ
R_8	炭膜电阻	48KΩ	R_{17}	炭膜电阻	40KΩ	C	纸质电容器	0.1μF
R_9	炭膜电阻	240KΩ	R_{18}	炭膜电阻	6KΩ			

注：表中R_8～R_{12}、R_{14}、R_{15}、R_{19}数值与结构之四相同。

（9）105型万用表（结构之六）

一、表头参数

灵敏度：90微安；内阻：1500欧姆。

二、电阻测量电路是结构之三与结构之四的综合，见图5—9。电位器阻值、接法与结构之三相同；电池节数、接法和各档分流电阻接法与结构之四相同。

三、其它各项，如电路图、转换方式等均与结构之四相同。

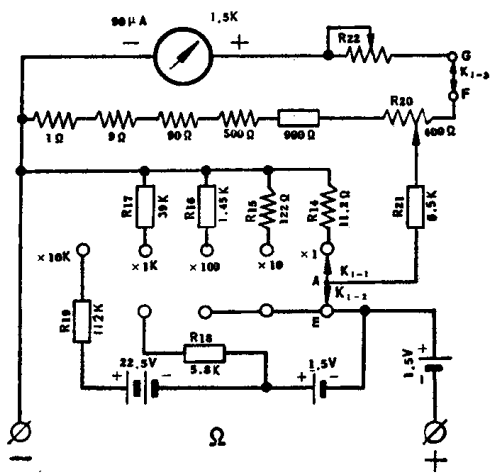


图 5 — 9　电阻测量电路

（10）106型万用表（结构之一）

（上海震华电器厂）

一、用途和构造

1.106型万用表（结构之一）共有二十档量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻及音频电平等。

2.仪表外壳用黑色胶木制成。面板上装有转换开关一只（兼管测量种类及量程选择）、零欧姆调整器一只和插孔三个（+、-、2500〜），转换开关及调整器各配胶木旋钮一只。使用时，除测高压用专用插孔“2500〜”外，均用“+”、“-”两个插孔。插孔“-”为

公用端。

3.表头采用震华128×107毫米方型磁电式电表，表面正下方装有指针调零器。

4.电阻测量采用1.5伏2号电池一节R×1、R×10、R×100档用）；22.5伏迭层电池一节（R×10K档用）。电池装在表底夹层中，与内部零件隔离，电池槽盖板在表底面。

6.本表外形尺寸为180×120×90毫米；重约1.75公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-0.5-5-50-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500-2500 V	2000Ω/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-100-250-500-2500 V	2000Ω/V	±4	
电阻	中心值：12、120Ω、1.2、120KΩ		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100Ω、×10KΩ			
	范围：0-2-20-200KΩ-20MΩ			

2.分贝刻度：-10dB—0—+15dB

3.表头参数：

灵敏度：135微安；　内阻：950欧姆；　线径：0.03毫米；　圈数：800匝。

三、电路图

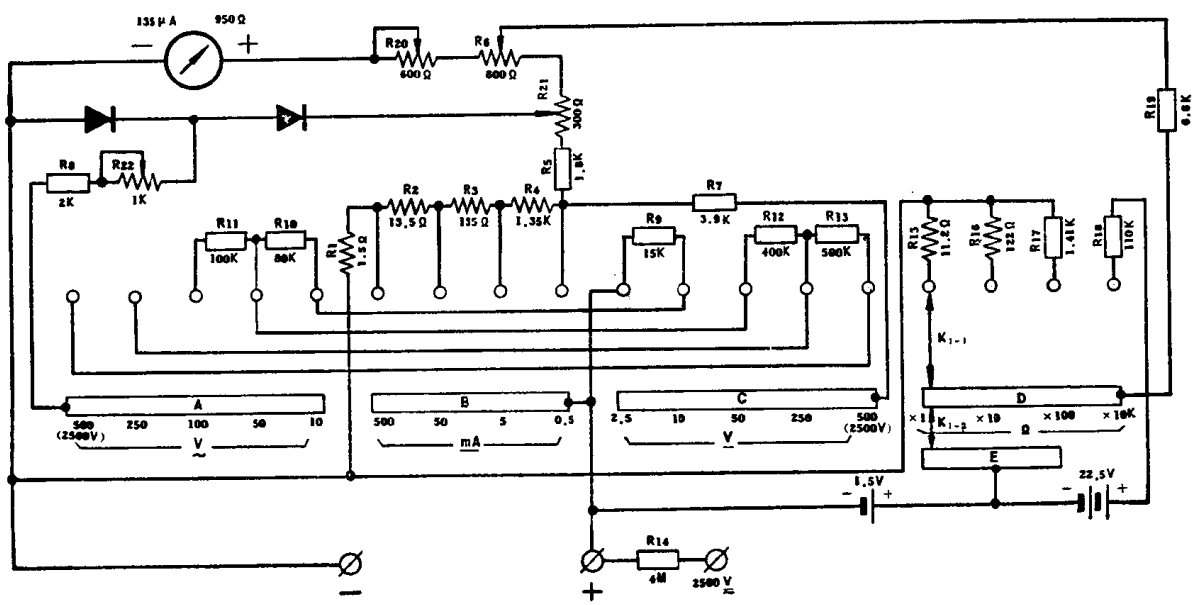


图5—10.1　106型万用表（结构之一）总电路图

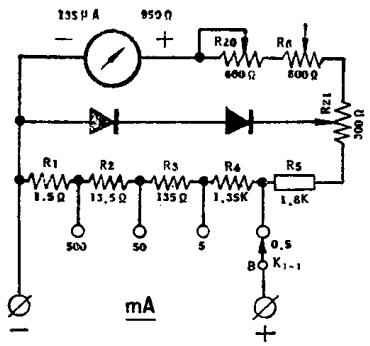


图5—10.2　直流电流测量电路

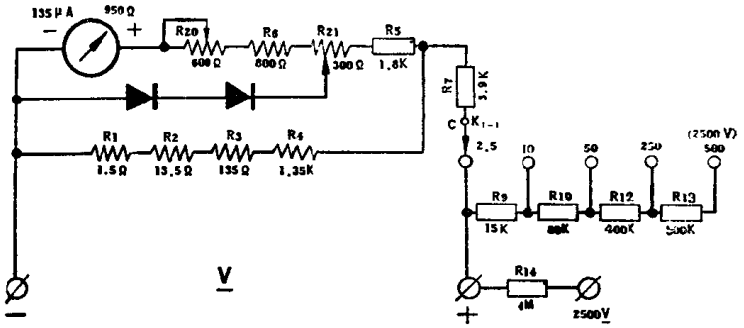


图5—10.3　直流电压测量电路

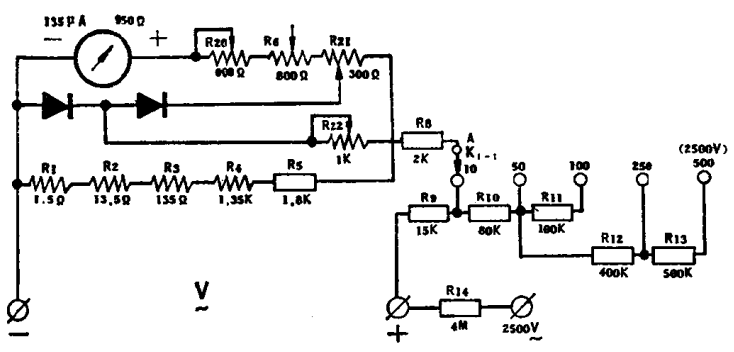


图5—10.4　交流电压测量电路

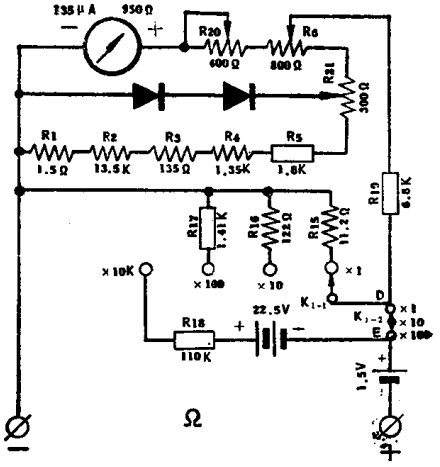


图5—10.5　电阻测量电路

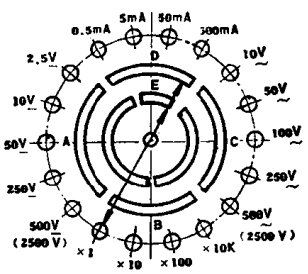


图5—10.6　测量种类、量程转换开关

106型万用表（结构之一）元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{10}	炭膜电阻	80KΩ	R_{19}	炭膜电阻	6.8KΩ
R_2	线绕电阻	13.5Ω	R_{11}	炭膜电阻	100KΩ	R_{20}	小型线绕电位器	600Ω
R_3	线绕电阻	135Ω	R_{12}	炭膜电阻	400KΩ	R_{21}	小型线绕电位器	300Ω
R_4	线绕电阻	1.35KΩ	R_{13}	炭膜电阻	500KΩ	R_{22}	小型线绕电位器	1KΩ
R_5	炭膜电阻	1.8KΩ	R_{14}	炭膜电阻	4MΩ			
R_6	线绕电位器	800Ω	R_{15}	线绕电阻	11.2Ω			
R_7	炭膜电阻	3.9KΩ	R_{16}	线绕电阻	122Ω			
R_8	炭膜电阻	2KΩ	R_{17}	炭膜电阻	1.41KΩ			
R_9	炭膜电阻	15KΩ	R_{18}	炭膜电阻	110KΩ			

（11）106型万用表（结构之二）

一、外形构造、测量范围、电压表灵敏度及测量电路的综合内阻、准确度、表面刻度均与结构之一同。

二、结构之一与结构之二有下列几点差异

1.电路图；　2.表头参数；　3.各测量电路；　4.开关结构不同。

三、电路图

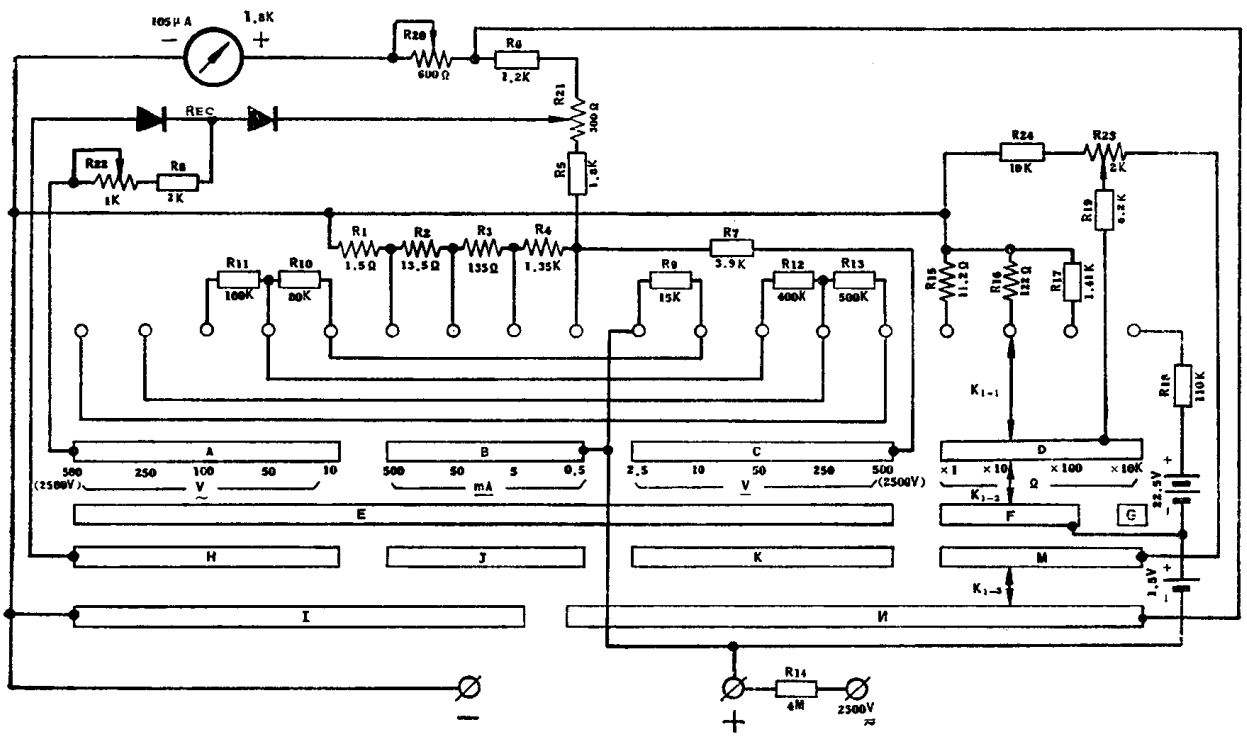


图5—11.1　106型万用表（结构之二）总电路图

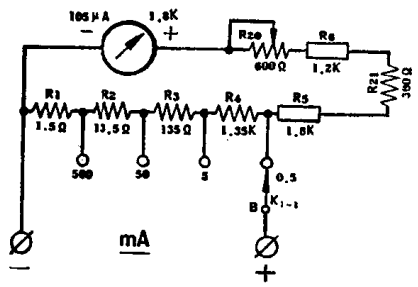


图5—11.2　直流电流测量电路

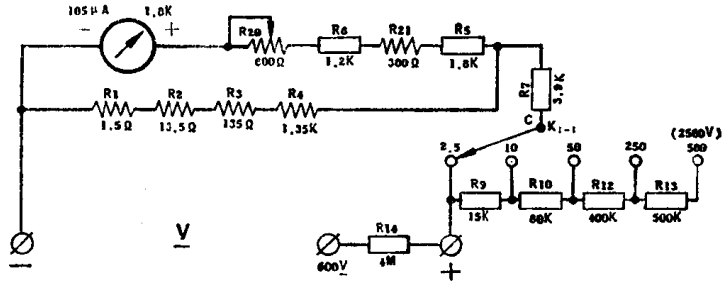


图5—11.3　直流电压测量电路

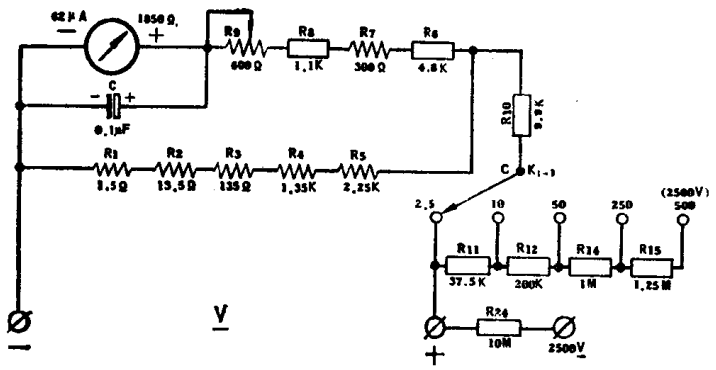


图5—11.4　交流电压测量电路

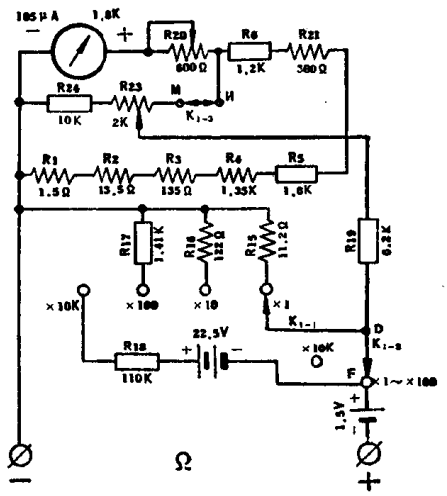


图5—11.5　电阻测量电路

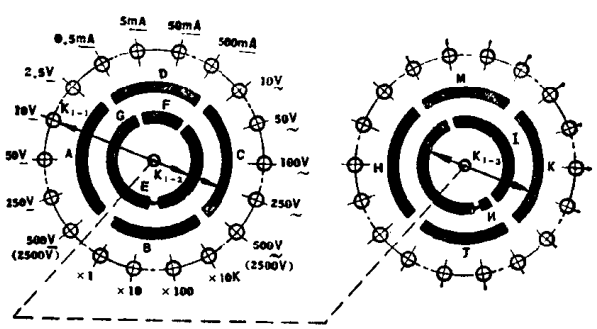


图5—11.6　测量种类、量程转换开关

106型万用表（结构之二）元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{10}	炭膜电阻	80KΩ	R_{19}	炭膜电阻	6.2KΩ
R_2	线绕电阻	13.5Ω	R_{11}	炭膜电阻	100KΩ	R_{20}	线绕小型电位器	600Ω
R_3	线绕电阻	135Ω	R_{12}	炭膜电阻	400KΩ			
R_4	线绕电阻	1.35KΩ	R_{13}	炭膜电阻	500KΩ	R_{21}	线绕小型电位器	300Ω
R_5	炭膜电阻	1.8KΩ	R_{14}	炭膜电阻	4MΩ			
R_6	炭膜电阻	1.2KΩ	R_{15}	线绕电阻	11.2Ω	R_{22}	线绕小型电位器	1KΩ
R_7	炭膜电阻	3.9KΩ	R_{16}	线绕电阻	122Ω			
R_8	炭膜电阻	2KΩ	R_{17}	炭膜电阻	1.41KΩ	R_{23}	线绕电位器	2KΩ
R_9	炭膜电阻	15KΩ	R_{18}	炭膜电阻	110KΩ	R_{24}	炭膜电阻	10KΩ

（12）108型 万 用 表

（上海震华电器厂）

108型万用表是早期产品，其测量范围、外形构造等与108-T 型相同，但设计时未考虑到在热带工作，故其耐热、防潮及密封性能较108-T型、108-T-1型为差。

（13）108-1型 万 用 表

（哈尔滨精密仪表厂）

一、用途和构造

1. 108-1型万用表共有二十档基本量程和四档分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻和音频电平。

2.外壳用黑色胶木制成。面板上装有转换开关一只、零欧姆调整器一只和插孔三个，其中“-”为公用表。

3.电阻测量采用1.5伏2号电池一节（×1～×1K档用）；15伏迭层电池一节（×10K档专用）。电池盒在表底部，换电方便。

4.外形尺寸为180×120×80毫米。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-0.5-5-50-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500-2500V	5KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-100-250-500-2500V	5KΩ/V	± 4	
电阻	中心值：12、120Ω、12、120KΩ 倍数：R×1、×10、×1K、×10K 范围：0-2-20K-2-20MΩ		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示

注：直流电压2500伏基本误差± 4 %；交流电压2500伏基本误差± 5 %。

2.分贝刻度：－10dB— 0 —＋22dB

3.表头参数：

灵敏度：62微安；　内阻：1850欧姆；　匝数：1000；　线径：0.03毫米；

游　丝：　力矩：21(14)毫克·厘米/90°；　外径：9毫米；　圈数：5。

三、电路图

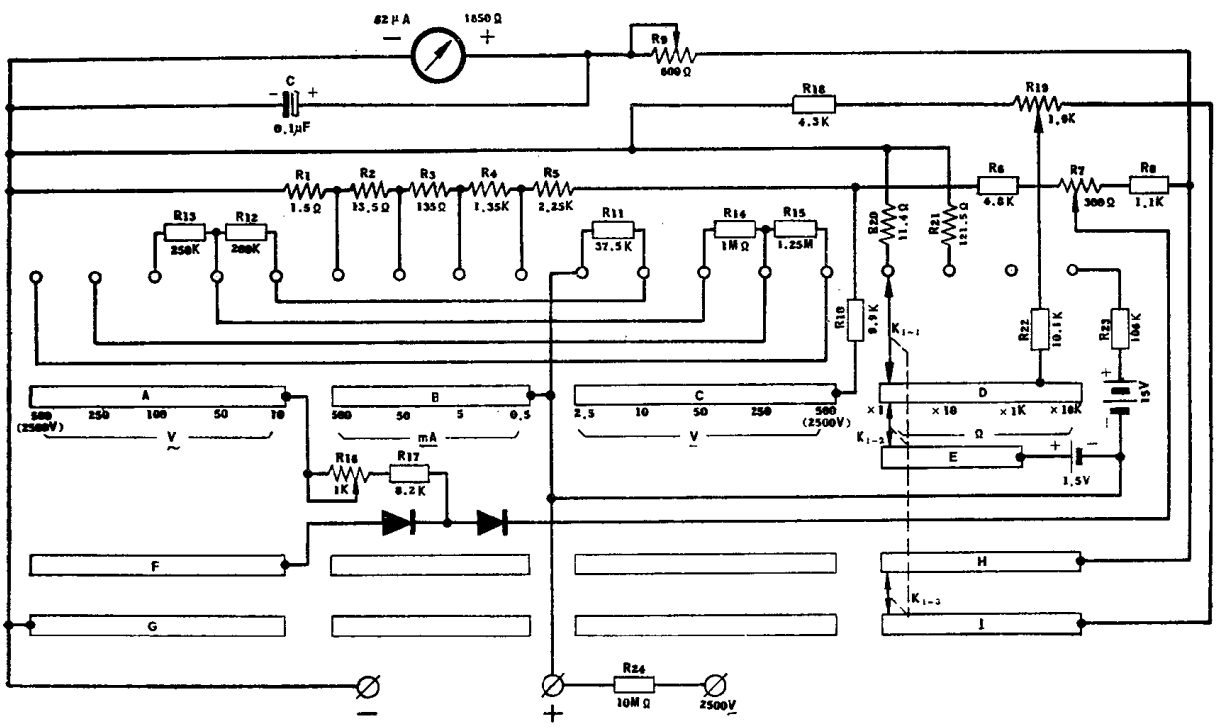


图 5 —13.1　108— 1 型万用表总电路图

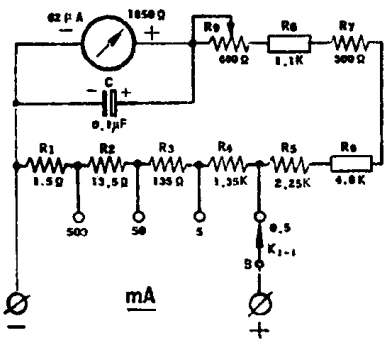


图 5 —13.2　直流电流测量电路

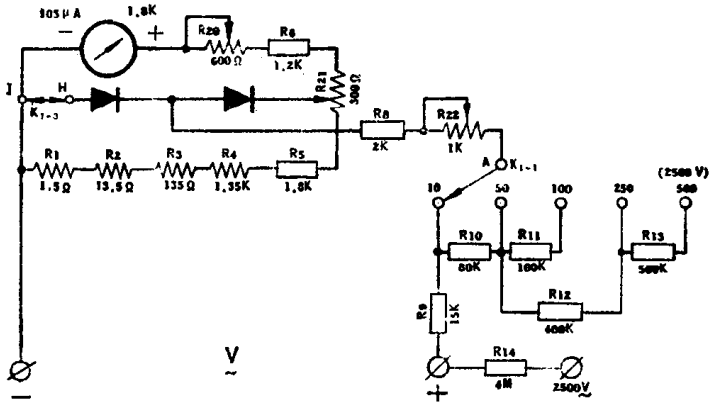


图 5 —13.3　直流电压测量电路

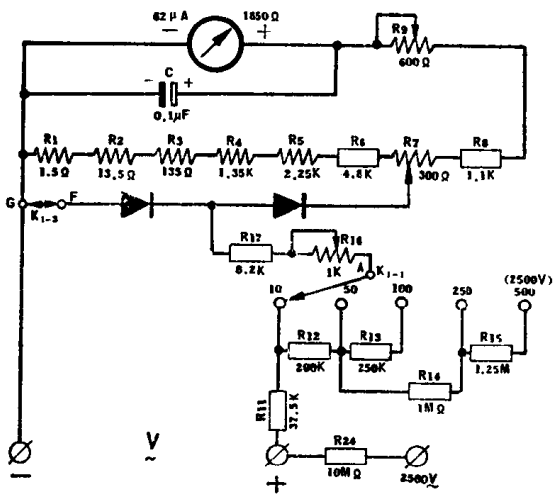


图 5 —13.4　交流电压测量电路

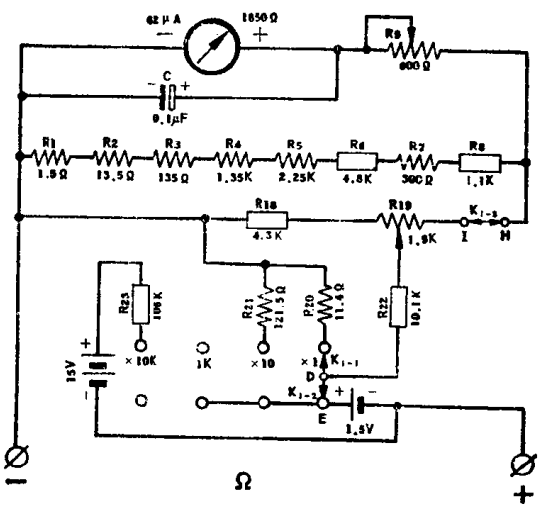


图 5 —13.5　电阻测量电路

108—1 型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名 称	规 格	代号	名 称	规 格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{13}	炭膜电阻	250KΩ
R_2	线绕电阻	13.5Ω	R_{14}	炭膜电阻	1MΩ
R_3	线绕电阻	135Ω	R_{15}	炭膜电阻	1.25MΩ
R_4	线绕电阻	1.35KΩ	R_{16}	线绕电位器	1KΩ
R_5	线绕电阻	2.25KΩ	R_{17}	炭膜电阻	8.2KΩ
R_6	炭膜电阻	4.8KΩ	R_{18}	炭膜电阻	4.3KΩ
R_7	小型电位器	300Ω	R_{19}	线绕电位器	1.9KΩ
R_8	炭膜电阻	1.1KΩ	R_{20}	线绕电阻	11.4Ω
R_9	小型电位器	600Ω	R_{21}	线绕电阻	121.5Ω
R_{10}	炭膜电阻	9.9KΩ	R_{22}	炭膜电阻	10.1KΩ
R_{11}	炭膜电阻	37.5KΩ	R_{23}	炭膜电阻	106KΩ
R_{12}	炭膜电阻	200KΩ	R_{24}	炭膜电阻	10MΩ

(14) 108-1T型 万 用 表

（上海求精仪表厂）

108-1T 型万用表是热带型仪表，各零、部件经防潮防霉处理，具有耐湿热、抗霉菌的性能，适用于湿热和沿海地区使用。该仪表除在金属镀层和密封等方面比普通型好外，其它方面（用途、构造、测量范围、灵敏度、准确度、表面刻度、表头参数、电路图、测量种类、量程转换开关结构，以及元件数据等）均与108—1型万用表相同。

(15) 108-T型 万 用 表

（上海震华电器厂）

108-T 型万用表（结构之一）外形构造、测量范围、与108-T-1型相同。电路结构、元件数据、表头参数以及转换开关方面大同小异，总电路图见图15。转换开关上层仅作为接线板用。

108-T 结构之二与结构之一有下列几点不同：

1.转换开关结构与108-T-1型相同。

2.108-T 结构之二有 R ×1K 档，但没有 R ×100档。

3.表头参数：

灵敏度：65微安；

内　阻：850欧姆。

4.与表头串联的几个电阻阻值与结构之一略有不同；其它各电阻阻值大致相同。

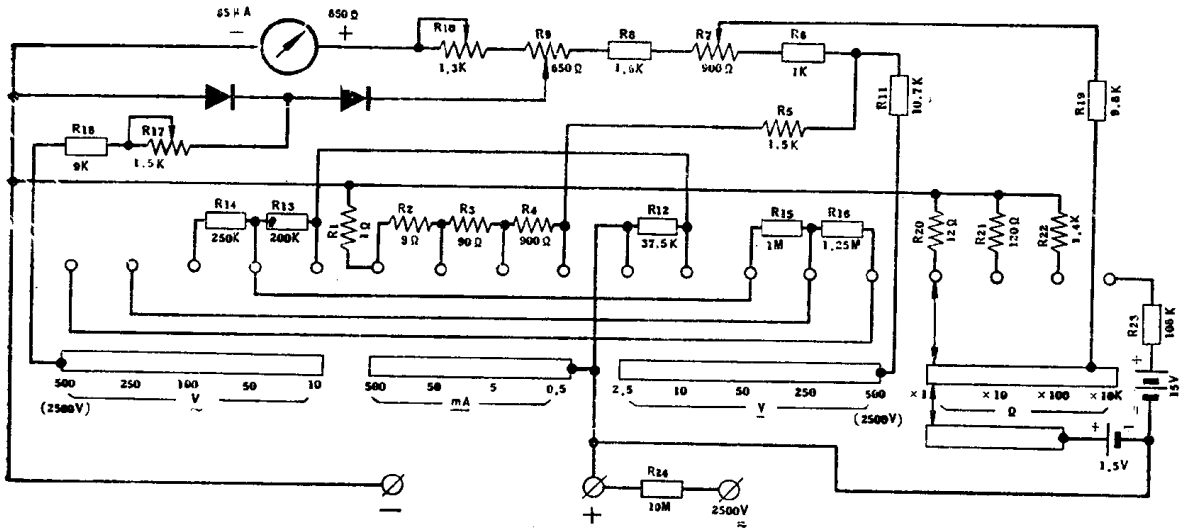


图 5 —15　108— T 型万用表总电路图

(16) 108-T-1型 万 用 表

（上海震华电器厂）

一、用途和构造

1.108-T-1型万用表共有二十四档量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻及音频电平等。

2.外壳用黑色酚醛树脂压制成。面板上装有转换开关一只(兼管项目及量程选择)、零欧姆调整器一只、插孔三个（+、-、2500～），转换开关及调整器各配胶木旋钮一只。插孔“-”为公用端。

3.108-T-1 型万用表系根据热带型仪表技术条件设计，外壳有密封装置，具有抗热、耐太阳辐射、防潮、防锈等特点，零部件均经防霉防蛀处理，适合热带地区使用。

4.表头采用震华128×107毫米方型磁电式电表，表面正下方装有指针调零器。

5.电阻测量采用1.5伏 2 号电池一节（R×1、R×10、R×1000档用）；15伏迭层电池一节（R×10,000档专用）。

6.电池装在表底夹层中，与内部零件隔离，电池槽盖板在表底面上。

7.本表外形尺寸为180×120×80毫米；重约1.5公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-0.5-5-50-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500-2500V	5 KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-100-250-500-2500V	5 KΩ/V	±4	
电阻	中心值：12、120Ω、12、120KΩ 倍数：R×1、×10、×1K、×10K 范围：0-2-20KΩ-2-20MΩ		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示

2.分贝刻度：－10dB—0—＋22dB

3.表头参数：

灵敏度：60微安；　内阻：2200欧姆；　线径：0.03毫米；　圈数：1400匝。

三、电路图

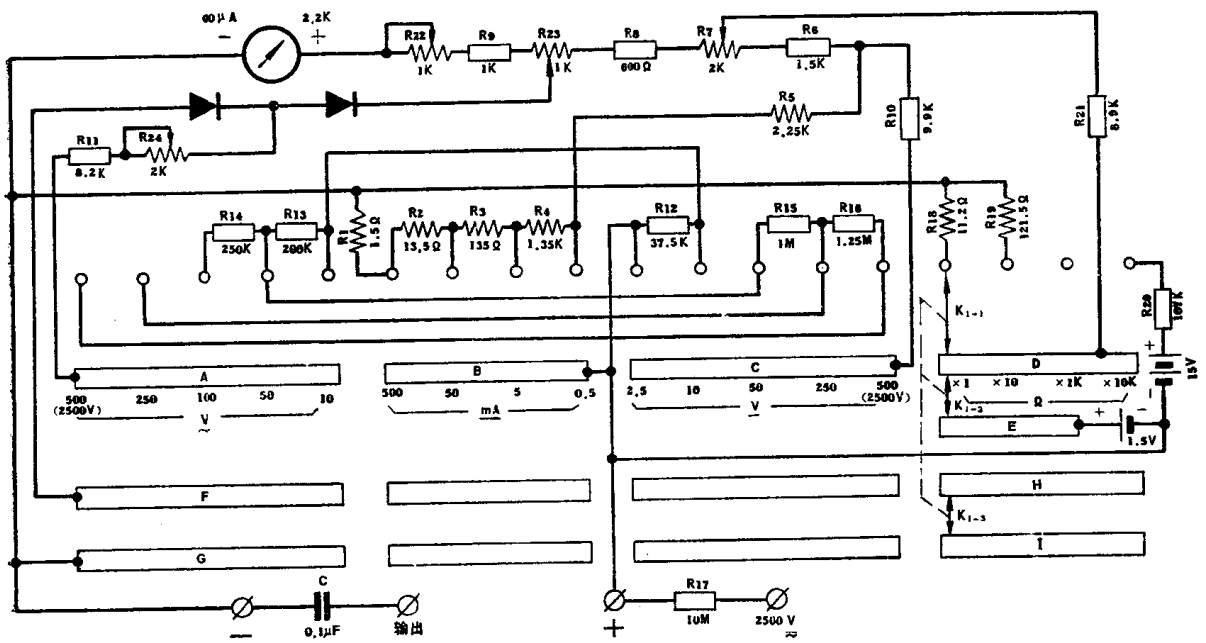


图 5—16.1　108—T—1 型万用表总电路图

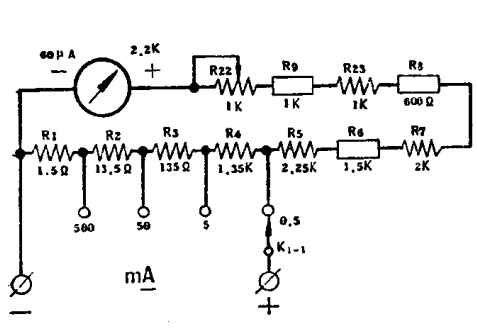


图 5—16.2　直流电流测量电路

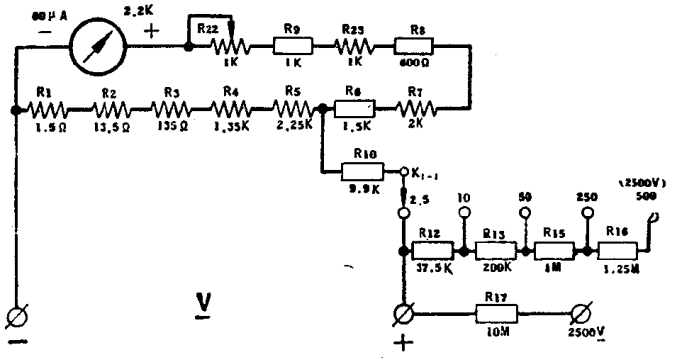


图 5—16.3　直流电压测量电路

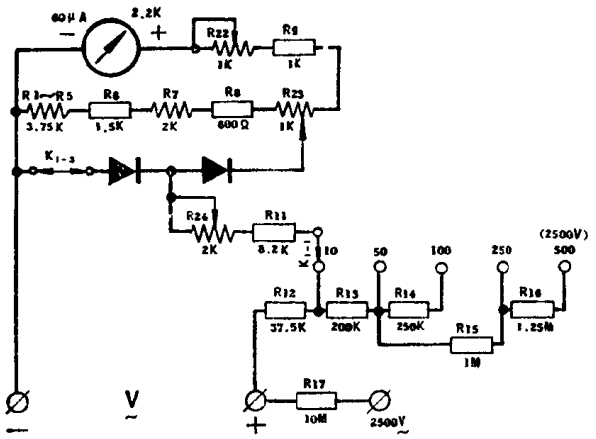


图 5 —16.4　交流电压测量电路

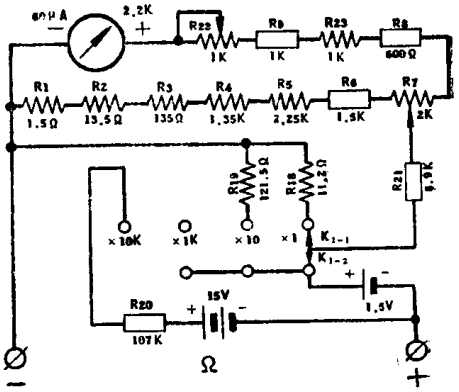


图 5 —16.5　电阻测量电路

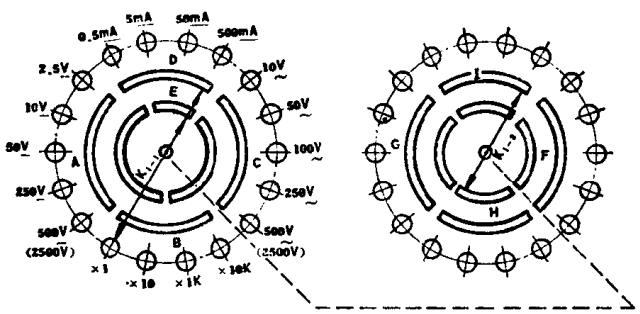


图 5 —16.6　测量种类、量程转换开关

(17) 108-T-1 热型万用表

（上海震华电器厂）

108—T—1 热型万用表是同型早期产品。除表头参数和元件数据外，其它各方面（如用途、外形构造、测量范围、电路结构等）均与108—1 T型表相同。

一、表头参数

灵敏度：65微安；

内　阻：1500欧姆；

线　径：0.03毫米；

圈　数：1000匝。

108—T—1热型万用表元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{15}	炭膜电阻	1.25MΩ
R_2	线绕电阻	13.5Ω	R_{16}	炭膜电阻	10MΩ
R_3	线绕电阻	135Ω	R_{17}	线绕电阻	11.2Ω
R_4	线绕电阻	1350Ω	R_{18}	线绕电阻	121.5Ω
R_5	线绕电阻	2.25KΩ	R_{19}	炭膜电阻	106KΩ
R_6	炭膜电阻	4.7KΩ	R_{20}	炭膜电阻	10.3KΩ
R_7	小型电位器	300Ω	R_{21}	炭膜电阻	4.3KΩ
R_8	炭膜电阻	1KΩ	R_{22}	线绕电位器	1.9KΩ
R_9	炭膜电阻	10KΩ	R_{23}	小型电位器	600Ω
R_{10}	炭膜电阻	7.5KΩ	R_{24}	小型电位器	1KΩ
R_{11}	炭膜电阻	37.5KΩ	E_1	电池	2号1.5V
R_{12}	炭膜电阻	200KΩ	E_2	电池	迭层式15V
R_{13}	炭膜电阻	250KΩ	REC	整流器	氧化铜
R_{14}	炭膜电阻	1MΩ			

二、电路图

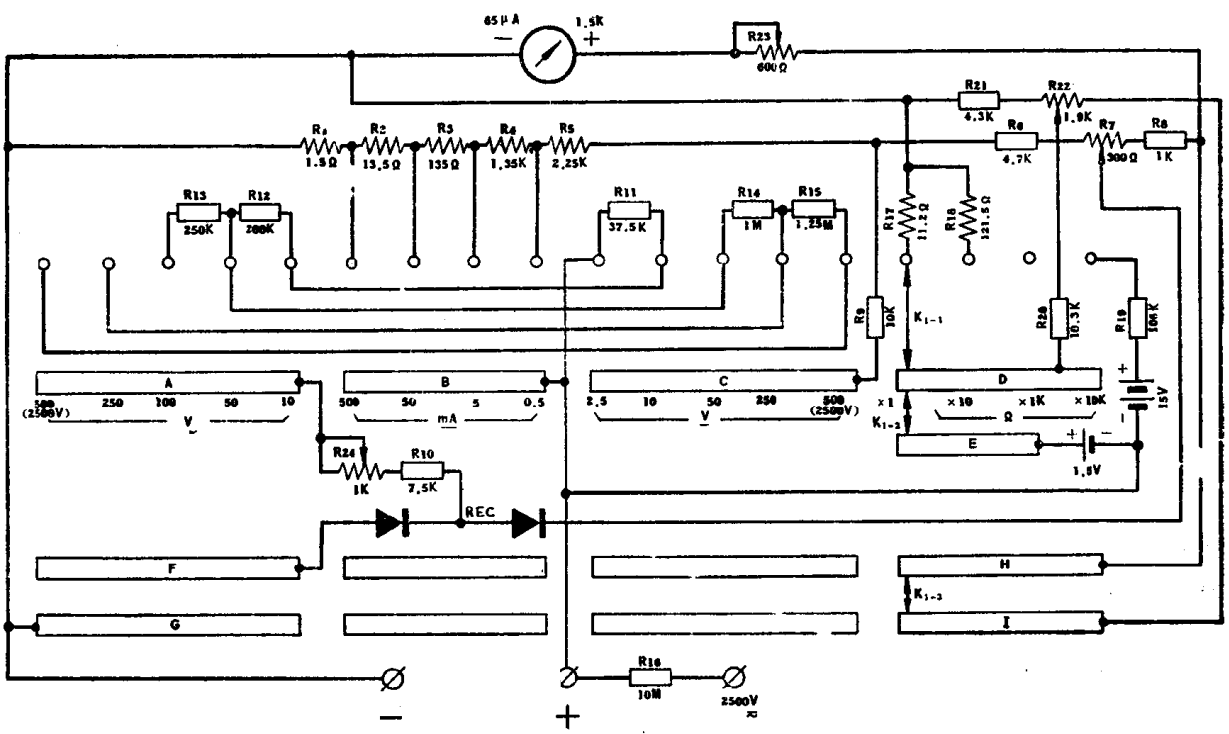


图 5—17.1　108—T—1热型万用表总电路图

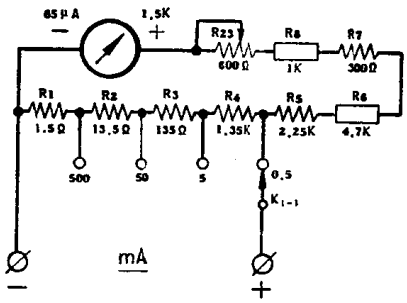


图 5 —17.2　直流电流测量电路

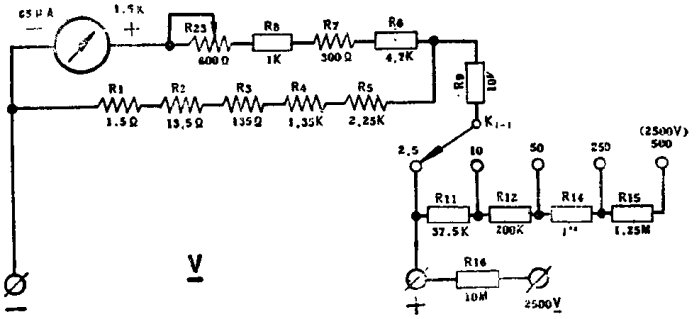


图 5 —17.3　直流电压测量电路

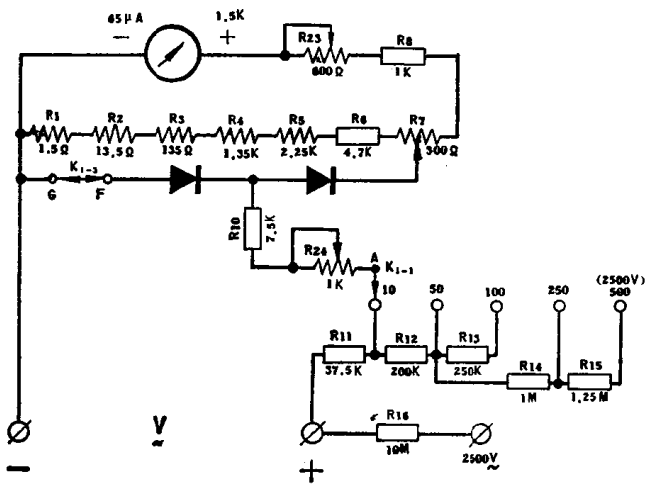


图 5 —17.4　交流电压测量电路

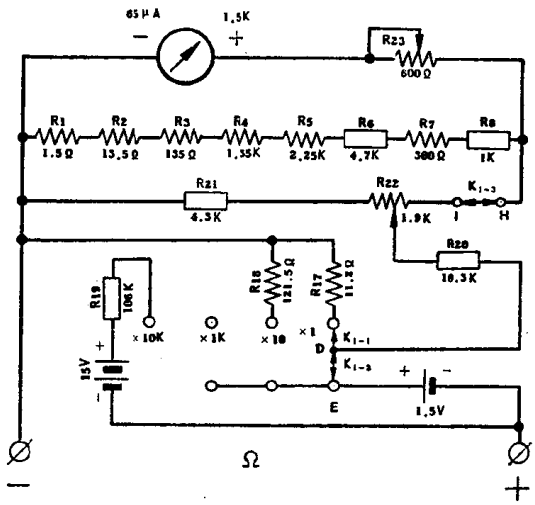


图 5 —17.5　电阻测量电路

(18) 160型　万　用　表

(上海交电站监制)

一、用途和构造

1.160型万用表共有二十五档量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻及音频电平。

2.仪表装于木制外壳内，有皮提手，便于携带，无盒盖。面板用夹布胶木制成，上附印字铝板一块。铝板上装有转换开关一只（兼管测量种类及量程选择）、零欧姆调整器一只、插孔四个（+、-、1500V、输出），转换开关及调整器各配胶木旋钮一只。使用时，“1500V”及“-”二插孔测交直流高压；“+”及“输出”二插孔测音频电平；其它测量均用“+”、“-”两个插孔。

3.表头系方型126×105磁电式，正下方装有指针调零器。

4.电阻测量采用1.5伏1号电池一节（R×1、R×10、R×100档用）；22.5伏迭层电池一节（R×10K档用）。电池卡在表头背后的胶木板上，换电时须揭开面板。

6.本表外形尺寸为200×150×96毫米；重约1公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-0.5-5-50-500mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500-1500V	2KΩ/V	±3	
交流电压	0-10-50-100-250-500-1500V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：12、120Ω、1.2、120KΩ		±4	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100、×10K			
	范围：0-2-20-200K-20MΩ			
电平	-20dB—+37dB			

2.表头参数：

灵敏度：135微安；

内　阻：950欧姆。

三、电路图

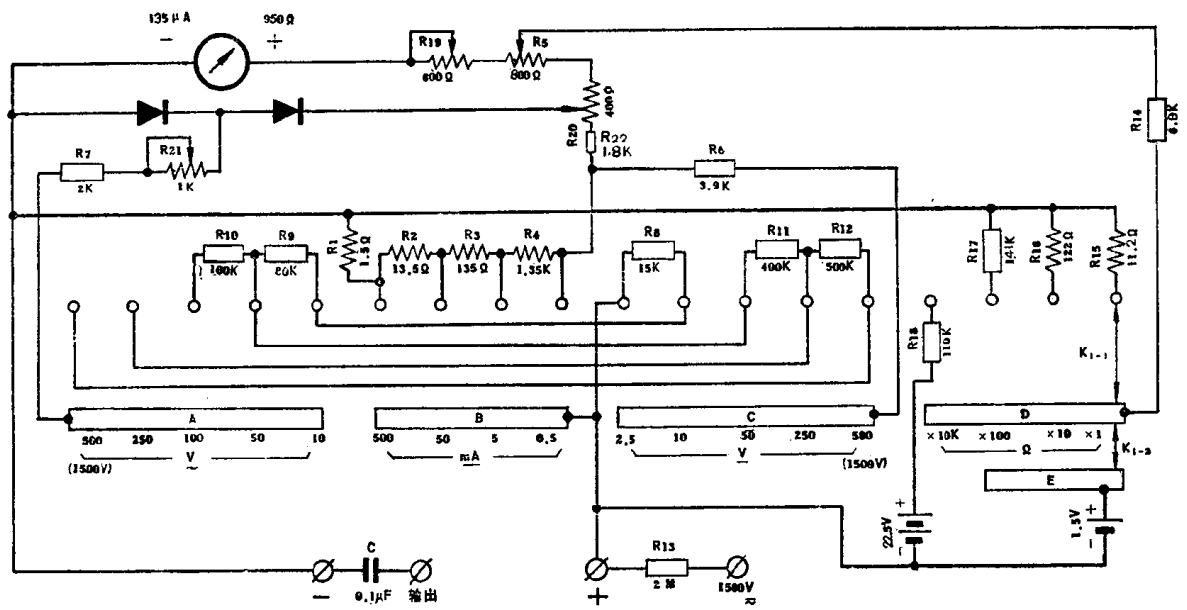


图5—13.1　160型万用表总电路图

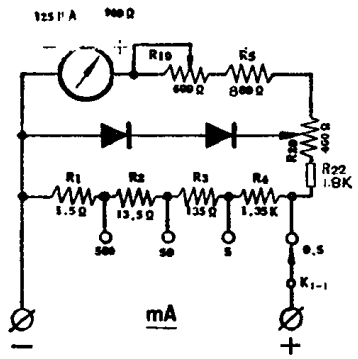


图 5 —18.2　直流电流测量电路

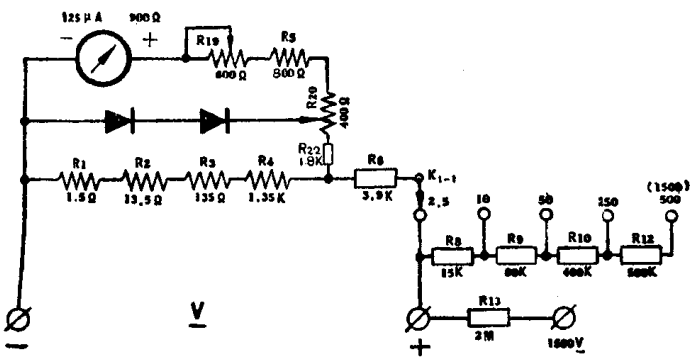


图 5 —18.3　直流电压测量电路

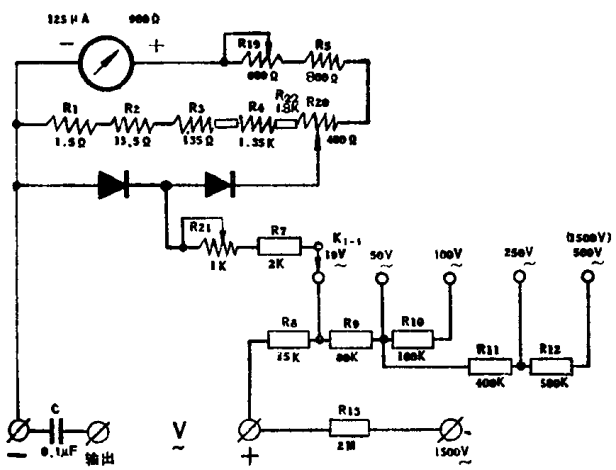


图 5 —18.4　交流电压测量电路

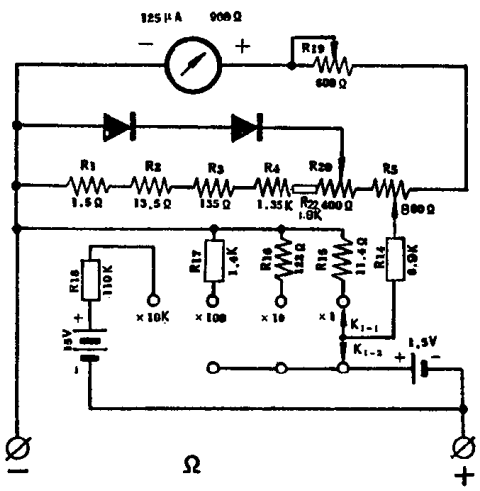


图 5 —18.5　电阻测量电路

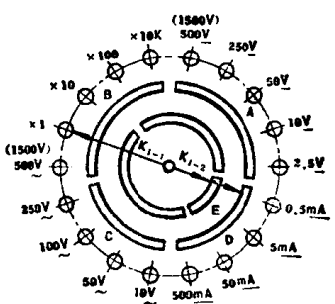


图 5 —18.6　测量种类、量程转换开关

160 型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名称	规格	代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{10}	炭膜电阻	100KΩ	R_{19}	小型线绕电位器	600Ω
R_2	线绕电阻	13.5Ω	R_{11}	炭膜电阻	400KΩ			
R_3	线绕电阻	135Ω	R_{12}	炭膜电阻	500KΩ	R_{20}	小型线绕电位器	400Ω
R_4	线绕电阻	1350Ω	R_{13}	炭膜电阻	2MΩ			
R_5	线绕电位器	800Ω	R_{14}	炭膜电阻	6.9KΩ	R_{21}	小型线绕电位器	1KΩ
R_6	炭膜电阻	3.9KΩ	R_{15}	线绕电阻	11.2Ω			
R_7	炭膜电阻	2KΩ	R_{16}	线绕电阻	122Ω	R_{22}	炭膜电阻	1.8KΩ
R_8	炭膜电阻	15KΩ	R_{17}	炭膜电阻	1410Ω	C	纸质电容器	0.1μF
R_9	炭膜电阻	80KΩ	R_{18}	炭膜电阻	110KΩ			

160 型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	3Ω	R_{13}	炭膜电阻	2MΩ
R_2	线绕电阻	27Ω	R_{14}	炭膜电阻	6KΩ
R_3	线绕电阻	270Ω	R_{15}	线绕电阻	11.2Ω
R_4	线绕电阻	2700Ω	R_{16}	线绕电阻	121Ω
R_5	线绕电位器	1.6KΩ	R_{17}	炭膜电阻	1410Ω
R_6	炭膜电阻	2.85KΩ	R_{18}	炭膜电阻	110KΩ
R_7	炭膜电阻	1.5KΩ	R_{19}	小型线绕电位器	1KΩ
R_8	炭膜电阻	15KΩ	R_{20}	小型线绕电位器	700Ω
R_9	炭膜电阻	80KΩ	R_{21}	小型线绕电位器	1KΩ
R_{10}	炭膜电阻	100KΩ	R_{22}	炭膜电阻	3.5KΩ
R_{11}	炭膜电阻	400KΩ	C	纸质电容器	0.1μF
R_{12}	炭膜电阻	500KΩ			

注：当表头参数：灵敏度：135微安、内阻：1400欧姆时，元件数据列于上表。

（19） 442型万用表（结构之一）

（阿城仪表厂）

一、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-0.5-5-50-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-10-50-250-1000V	2KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-250-1000V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：20、200Ω、2K、20KΩ 倍数：R×1、×10×100、×1K 范围：0-2-20-200KΩ-2MΩ		±10	以被测值的百分数表示

2.表头参数：

灵敏度：400微安；

内　阻：250欧姆；

线　径：0.04毫米；

圈　数：320匝。

二、电路图

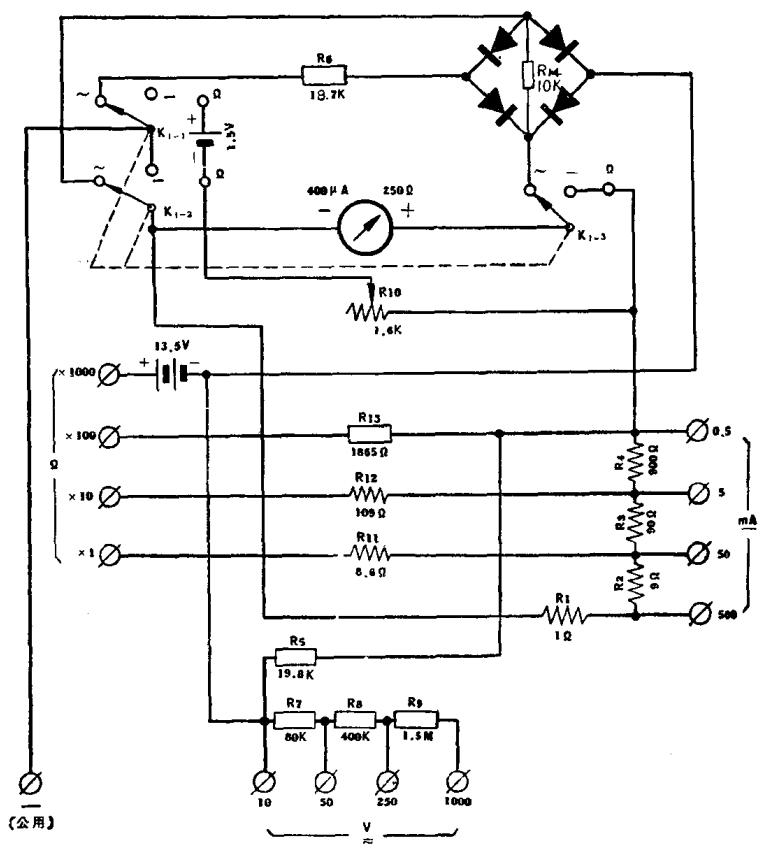


图 5—19.1　442型万用表（结构之一）总电路图

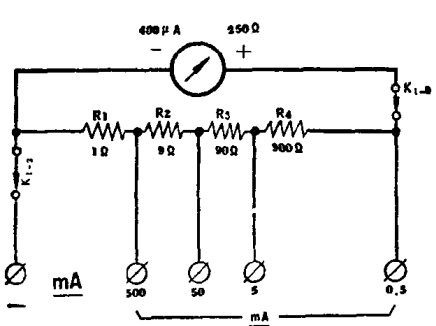


图 5—19.2　直流电流测量电路

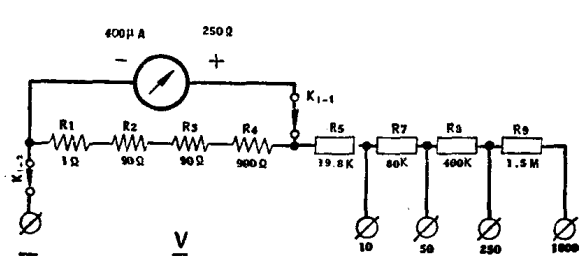


图 5—19.3　直流电压测量电路

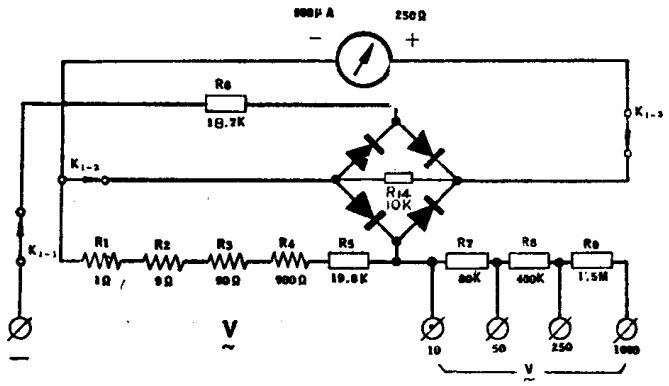


图 5—19.4　交流电压测量电路

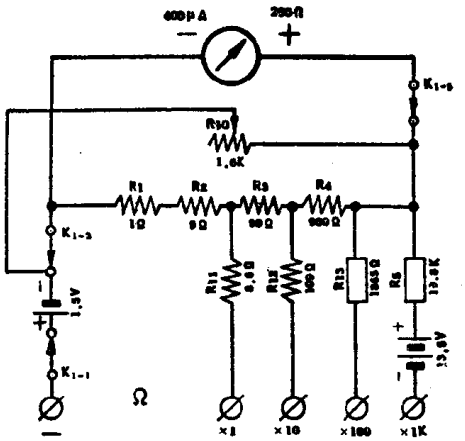


图 5—19.5　电阻测量电路

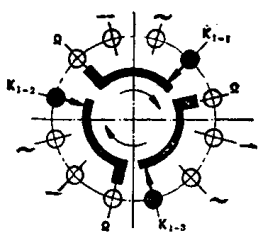


图 5—19.6　测量种类、转换开关

442 型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1Ω	R_6	炭膜电阻	18.7KΩ	R_{11}	线绕电阻	8.6Ω
R_2	线绕电阻	9Ω	R_7	炭膜电阻	80KΩ	R_{12}	线绕电阻	109Ω
R_3	线绕电阻	90Ω	R_8	炭膜电阻	400KΩ	R_{13}	炭膜电阻	1865Ω
R_4	线绕电阻	900Ω	R_9	炭膜电阻	1.5MΩ	R_{14}	炭膜电阻	10KΩ
R_5	炭膜电阻	19.8KΩ	R_{10}	线绕电位器	0—1600Ω	REC	整 流 器	氧化铜

(20) 442型万用表（结构之二）

一、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-0.5-5-50-500mA		±2	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-10-50-250-1000V	2KΩ/V	±2	
交流电压	0-10-50-250-1000V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：20、200Ω、2K 20KΩ		±10	以被测值的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100、×1K			
	范围：0-2-20-200KΩ-2MΩ			

2.表头参数：

灵敏度：300微安；

内　阻：333.3欧姆。

二、电路图

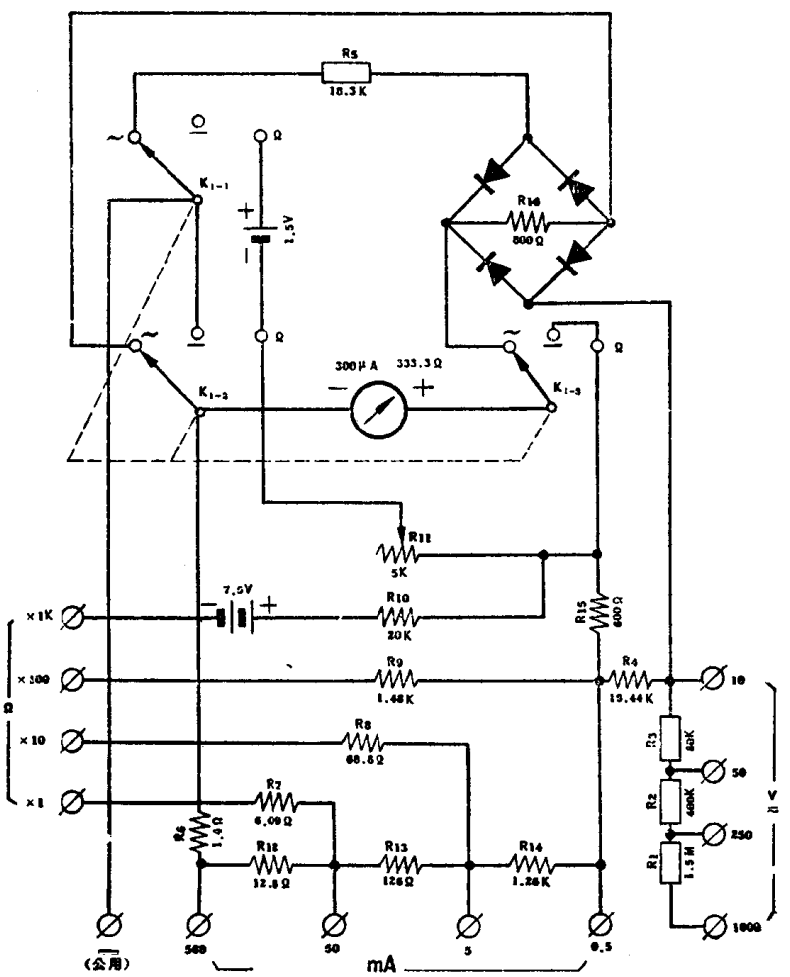


图5—20　442型万用表（结构之二）总电路图

(21) 444型 万 用 表

（阿城仪表厂）

一、用途和构造

1.444型万用表共有十六档量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻等。

2.外壳用黑色胶木制成，有木盒及皮提手，便于携带。面板上装有转换开关二只（测量种类及量程选择开关各一只）、零欧姆调整器一只、接线柱二只（+、-），转换开关及调整器各配胶木旋钮一只。

3.表头系方型94×100毫米磁电式，正下方装有指针调零器。

4.电阻档采用1.5伏1号电池四节（R×1、R×10、R×100档用一节，R×1000档用四节），装在表底夹层中，与内部零件隔离。电池盖板在表底面，换电方便。

5.本表外形尺寸为195×110×82毫米；重约2公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-0.5-5-50-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-10-50-250-1000V	2KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-250-1000V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：20、200、2K、20KΩ 倍数：R×1、×10、×100、×1K 范围：0-2-20-200KΩ-2MΩ		±3	以刻度尺全长的百分数表示

2.表头参数：

灵敏度：200微安；

内　阻：600欧姆；

线　经：0.03毫米；

圈　数：600匝

三、电路图

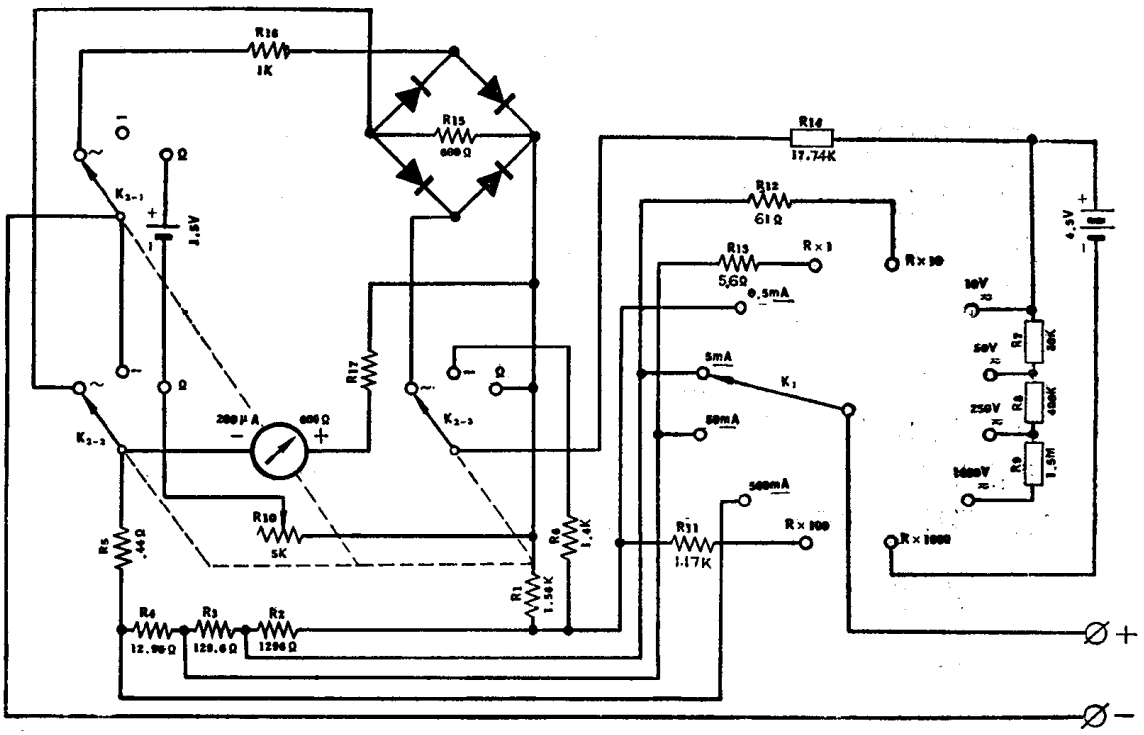


图 5 —21.1　　444型万用表总电路图

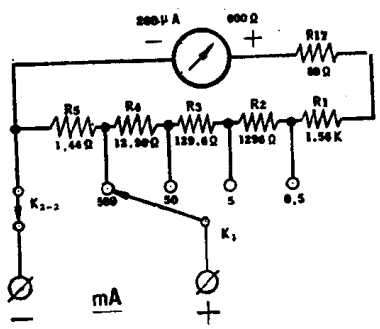


图 5 —21.2　　直流电流测量电路

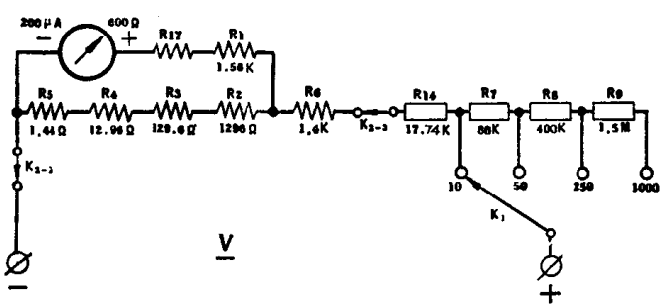


图 5 —21.3　　直流电压测量电路

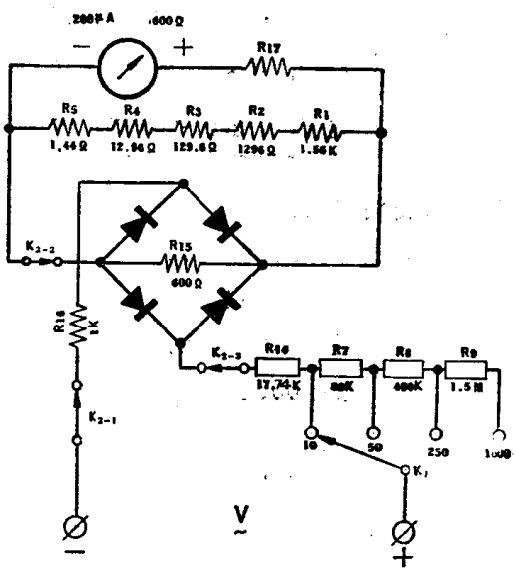


图 5 —21.4　　交流电压测量电路

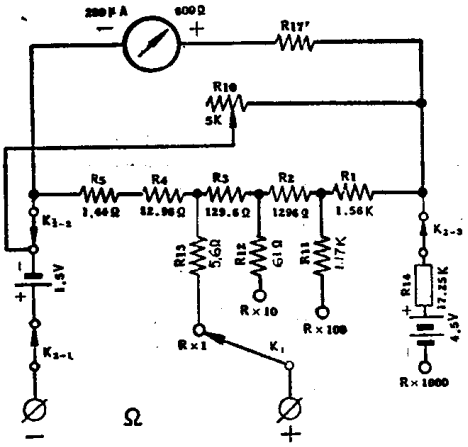


图 5—21.5　电阻测量电路

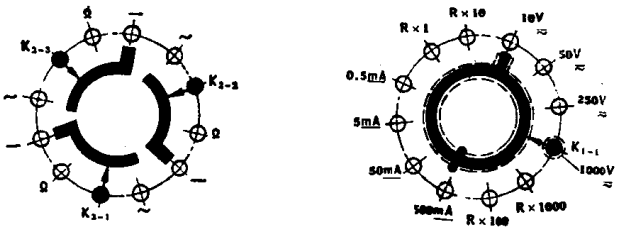


图 5—21.6　测量种类、量程转换开关

444 型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1560Ω±0.2%	R_7	炭膜电阻	80KΩ	R_{13}	线绕电阻	5.6Ω
R_2	线绕电阻	1296Ω±0.2%	R_8	炭膜电阻	400KΩ	R_{14}	炭膜电阻	17.74KΩ
R_3	线绕电阻	129.6Ω±0.2%	R_9	炭膜电阻	1.5MΩ	R_{15}	线绕电阻	600Ω
R_4	线绕电阻	12.96Ω±0.2%	R_{10}	炭膜电位器	0～5KΩ	R_{16}	线绕电阻	1000Ω
R_5	线绕电阻	1.44Ω	R_{11}	线绕电阻	1.17KΩ±1%	R_{17}	线绕电阻	0Ω
R_6	线绕电阻	1400Ω	R_{12}	线绕电阻	61Ω±1%			

(22) 500型万用表（结构之一）

（上海震华电器厂）

一、用途和构造

1.500型万用表共有二十三档量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻及音频电平等。

2.外壳用黑色胶木制成，有皮提手，便于携带。面板上装有转换开关二只（左面为mA、Ω测量种类选择，⩒量程选择及短路档“OFF”；右面为⩒、DB测量种类选择，mA、Ω量程选择及开路档“·”）、零欧姆调整器一只、插孔四个（+、-、2500⩒、2500⩒）、转换开关及调整器各配胶木圆形旋钮一只。插孔“-”为公用端。

3.表头系方型135×65毫米磁电式，表面宽阔，并装有反射镜面，故读数精确。正下方装有指针调零器。

4.电阻档采用1.5伏2号电池一节（R×1、R×10、R×100、R×1K档用）；15伏迭层电池一节（R×10K档用）。电池装在表底夹层中，与内部零件隔离，可避免因换电池

或电池腐烂而损害内部零件。电池槽盖板在表底面。

6.本表外形尺寸为175×155×75毫米；重约2公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-1-10-100-500m A		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500-2500 V	20 KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-250-500-2500 V	4 KΩ/V	± 4	
电阻	中心值：10、100Ω、1 K、10 K、100 KΩ 倍数：R×1、×10、×100、×1 K、×10 K 范围：0-2-20-200 KΩ-2-20MΩ		± 4	以刻度尺全长的百分数表示

2.分贝刻度，-10dB—0—+20dB

3.表头参数：

灵敏度：40微电；

内　阻：2800欧姆；

线　径：0.03毫米；

圈　数：1500匝。

三、电路图

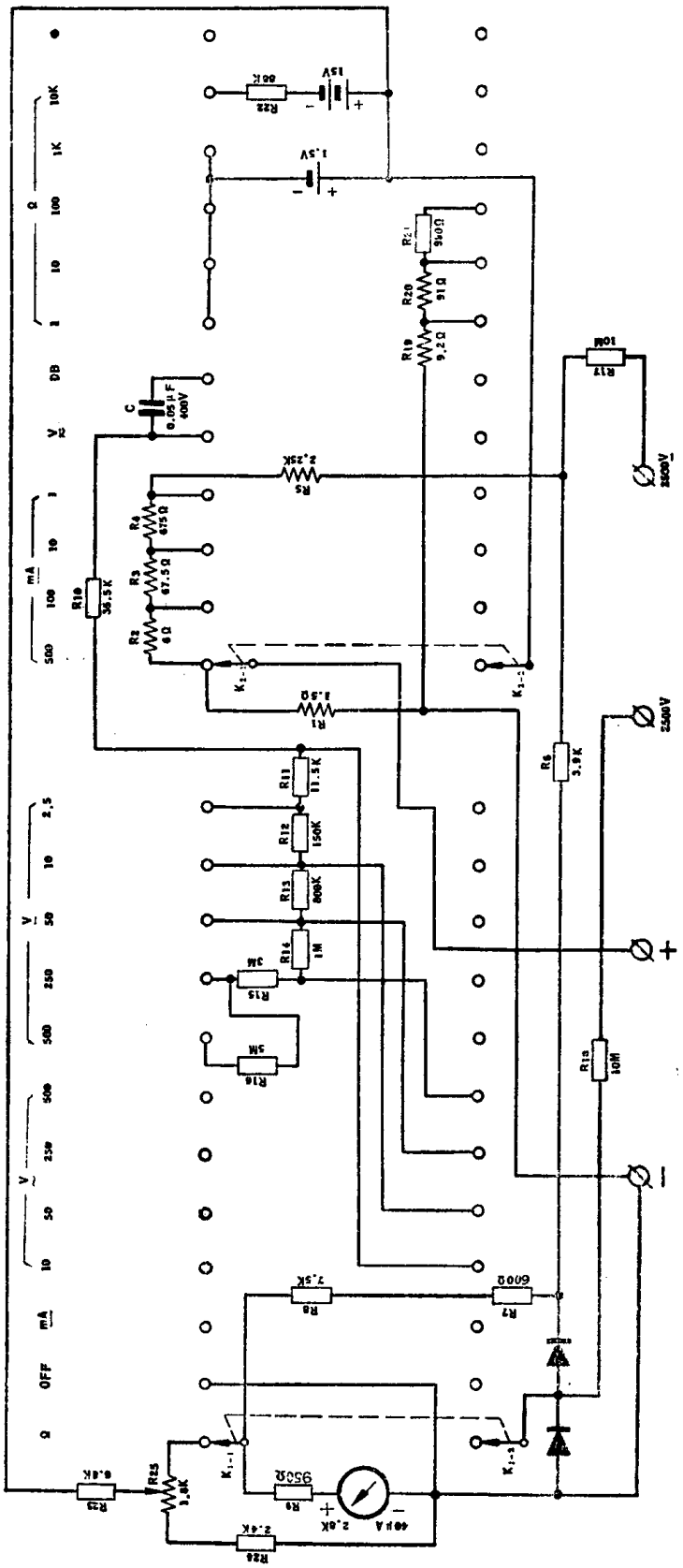


图 5—22.1　500型万用表（结构之一）总电路图

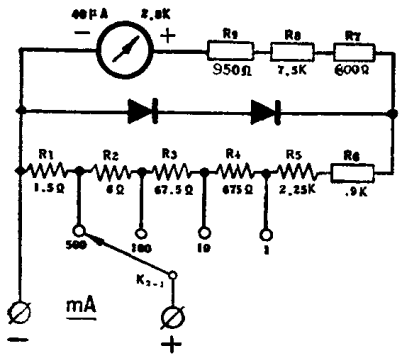


图 5 —22.2　直流电流测量电路

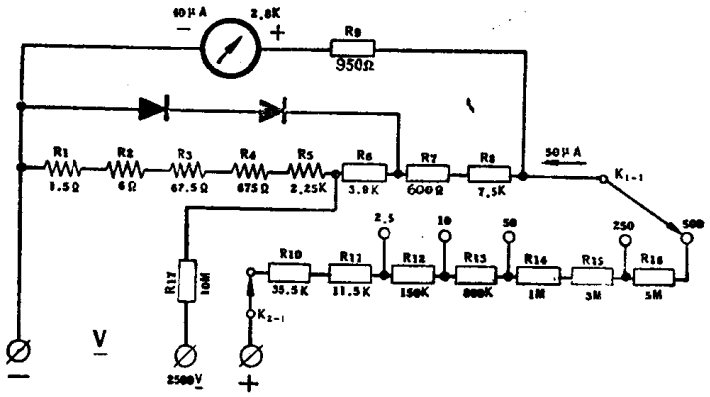


图 5 —22.3　直流电压测量电路

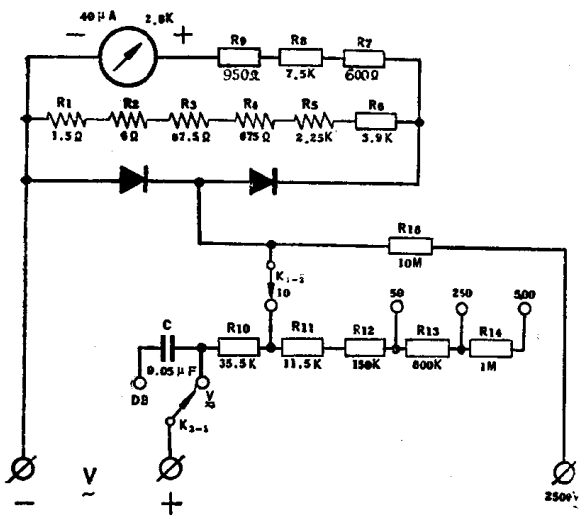


图 5 —22.4　交流电压测量电路

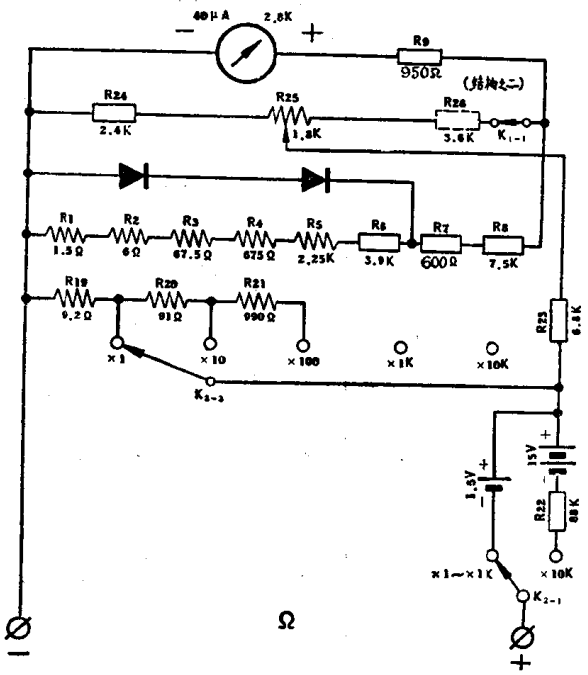


图 5 —22.5　电阻测量电路

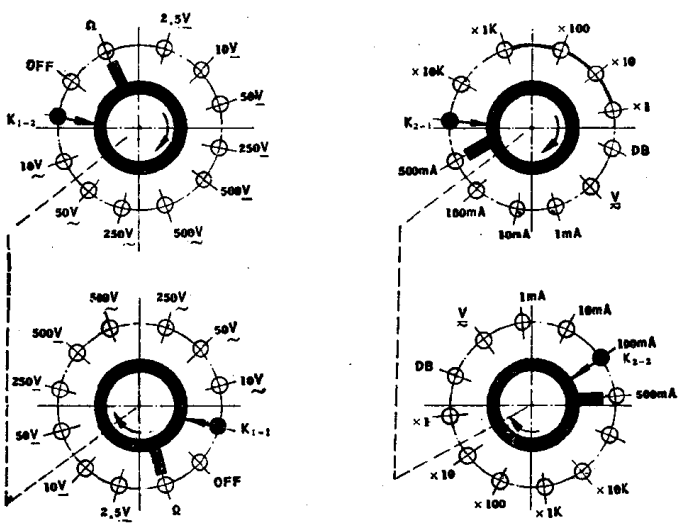


图 5 —22.6　测量种类、量程转换开关

500 型 万 用 表（结 构 之 一）元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{10}	炭膜电阻	35.5KΩ	R_{19}	线绕电阻	9.2Ω
R_2	线绕电阻	6Ω	R_{11}	炭膜电阻	11.5KΩ	R_{20}	线绕电阻	91Ω
R_3	线绕电阻	67.5Ω	R_{12}	炭膜电阻	150KΩ	R_{21}	炭膜电阻	990Ω
R_4	线绕电阻	675Ω	R_{13}	炭膜电阻	800KΩ	R_{22}	炭膜电阻	88KΩ
R_5	线绕电阻	2.25KΩ	R_{14}	炭膜电阻	1 MΩ	R_{23}	炭膜电阻	6.8KΩ
R_6	炭膜电阻	3.9KΩ	R_{15}	炭膜电阻	3 MΩ	R_{24}	炭膜电阻	2.4KΩ
R_7	炭膜电阻	600Ω	R_{16}	炭膜电阻	5 MΩ	R_{25}	线绕电位器	1.8KΩ
R_8	炭膜电阻	7.5KΩ	R_{17}	炭膜电阻	10MΩ	C	陶瓷电容器	0.05μF400V
R_9	炭膜电阻	950Ω	R_{18}	炭膜电阻	10MΩ			

（23）500型万用表（结构之二）

500型万用表（结构之二）为震华厂1962年产品，其外形构造、测量范围、电压表的灵敏度及测量电路的内阻、准确度、电路转换方式等均与结构之一相同。

它与结构之一不同之处有下列几点：

一、表头参数

灵敏度：40微安；　内阻：2600欧姆；　线径：0.03毫米；　圈数：1500匝。

二、表面刻度

第一条：直流刻度；第二条：交流刻度（比结构之一刻度均匀）；第三条：欧姆刻度；第四条：交流10伏专用刻度；第五条：分贝刻度－10dB—0—+22dB。

500 型 万 用 表（结 构 之 二）元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{11}	炭膜电阻	10KΩ	R_{21}	炭膜电阻	1010Ω
R_2	线绕电阻	6Ω	R_{12}	炭膜电阻	150KΩ	R_{22}	炭膜电阻	88KΩ
R_3	线绕电阻	67.5Ω	R_{13}	炭膜电阻	800KΩ	R_{23}	炭膜电阻	7.3KΩ
R_4	线绕电阻	675Ω	R_{14}	炭膜电阻	1MΩ	R_{24}	炭膜电阻	3.3KΩ
R_5	线绕电阻	2.25KΩ	R_{15}	炭膜电阻	3MΩ	R_{25}	线绕电位器	1.8KΩ
R_6	炭膜电阻	} 12KΩ	R_{16}	炭膜电阻	5MΩ	R_{26}	炭膜电阻	3.6KΩ
R_7	炭膜电阻		R_{17}	炭膜电阻	10MΩ	R_{27}	炭膜电阻	3.3KΩ
R_8	炭膜电阻		R_{18}	炭膜电阻	10MΩ	R_{28}	线绕可变电阻	600Ω
R_9	炭膜电阻	1KΩ	R_{19}	线绕电阻	9.2Ω	R_{29}	炭膜电阻	1.1KΩ
R_{10}	炭膜电阻	37KΩ	R_{20}	线绕电阻	91Ω	C	陶瓷电容器	0.05μF 400V

三、电路图

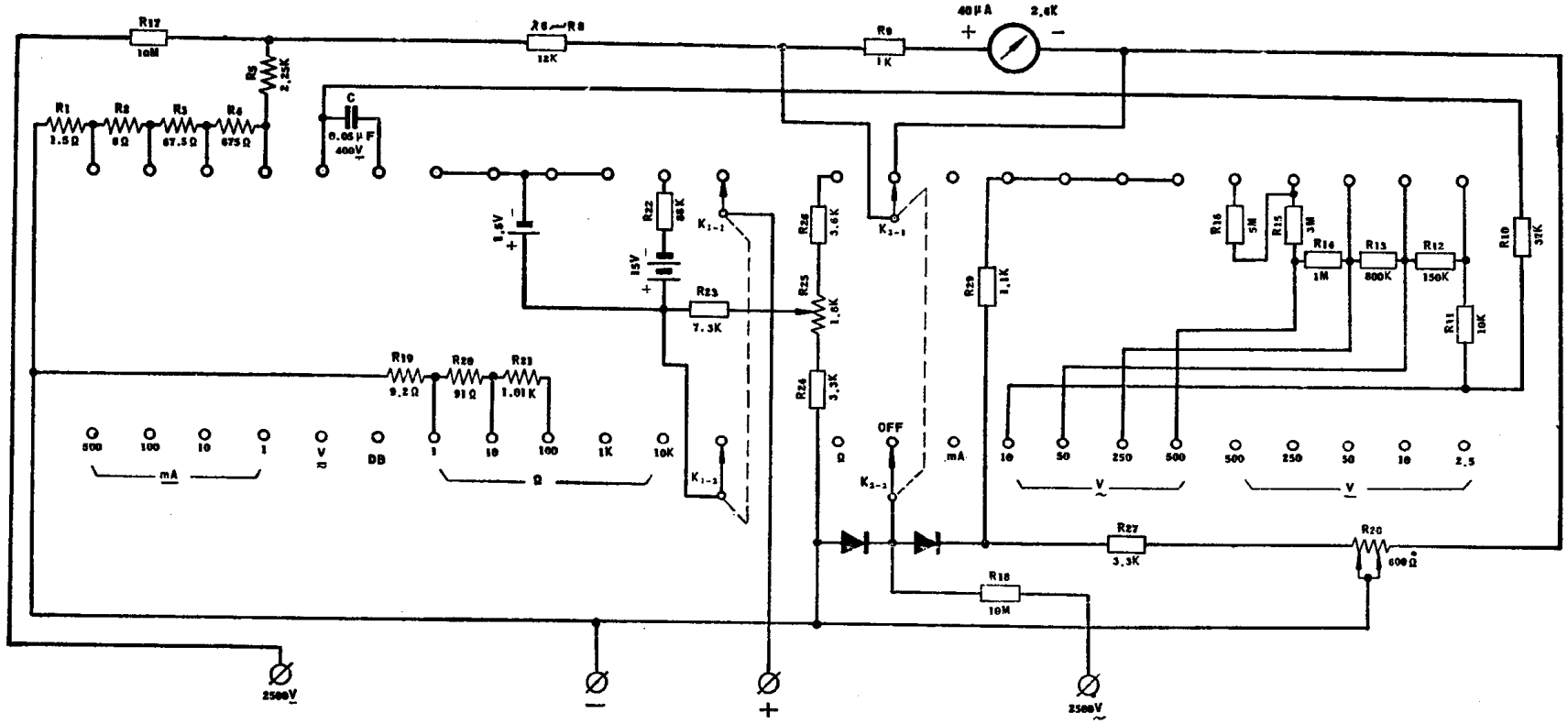


图 5—23.1　500型万用表（结构之二）总电路图

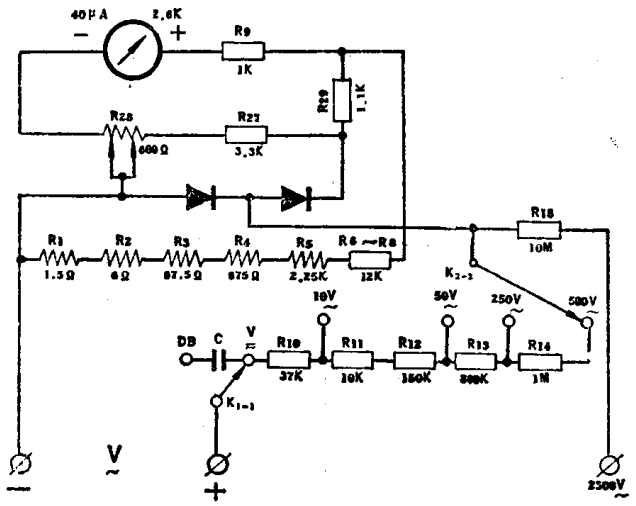


图 5—23.2　交流电压测量电路

四、除下面三点外，其它各部分测量电路均与结构之一相同

1.交流电压测量电路不同；

2.电阻测量电路多一个电阻R_{26}；

3.除交流测量外，整流器不接入电路。

（24）500型万用表（结构之三）

500型万用表（结构之三）的电路基本上与结构之二相同，见图 5—24。

（25）500型万用表（结构之四）

一、主要技术性能

测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-1-10-100-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500-2500V	20KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-250-500-2500V	4KΩ/V	±4	
电阻	中心值：10、100、1K、10K、100KΩ		±4	以刻度全长的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100、×1K、×10K			
	范围：0-2-20-200KΩ-2-20MΩ			

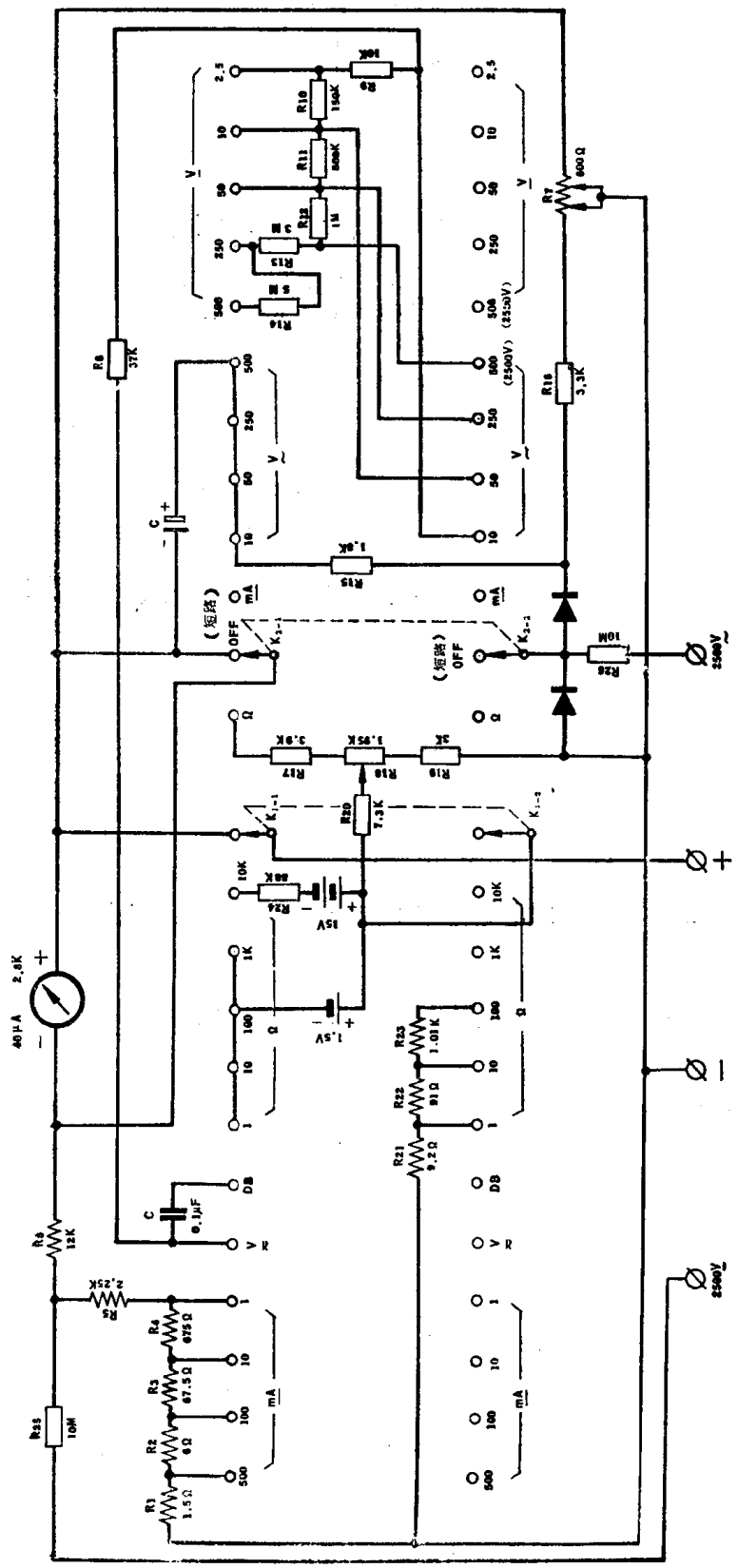


图 5—24　500型万用表（结构之三）总电路图

二、电路图

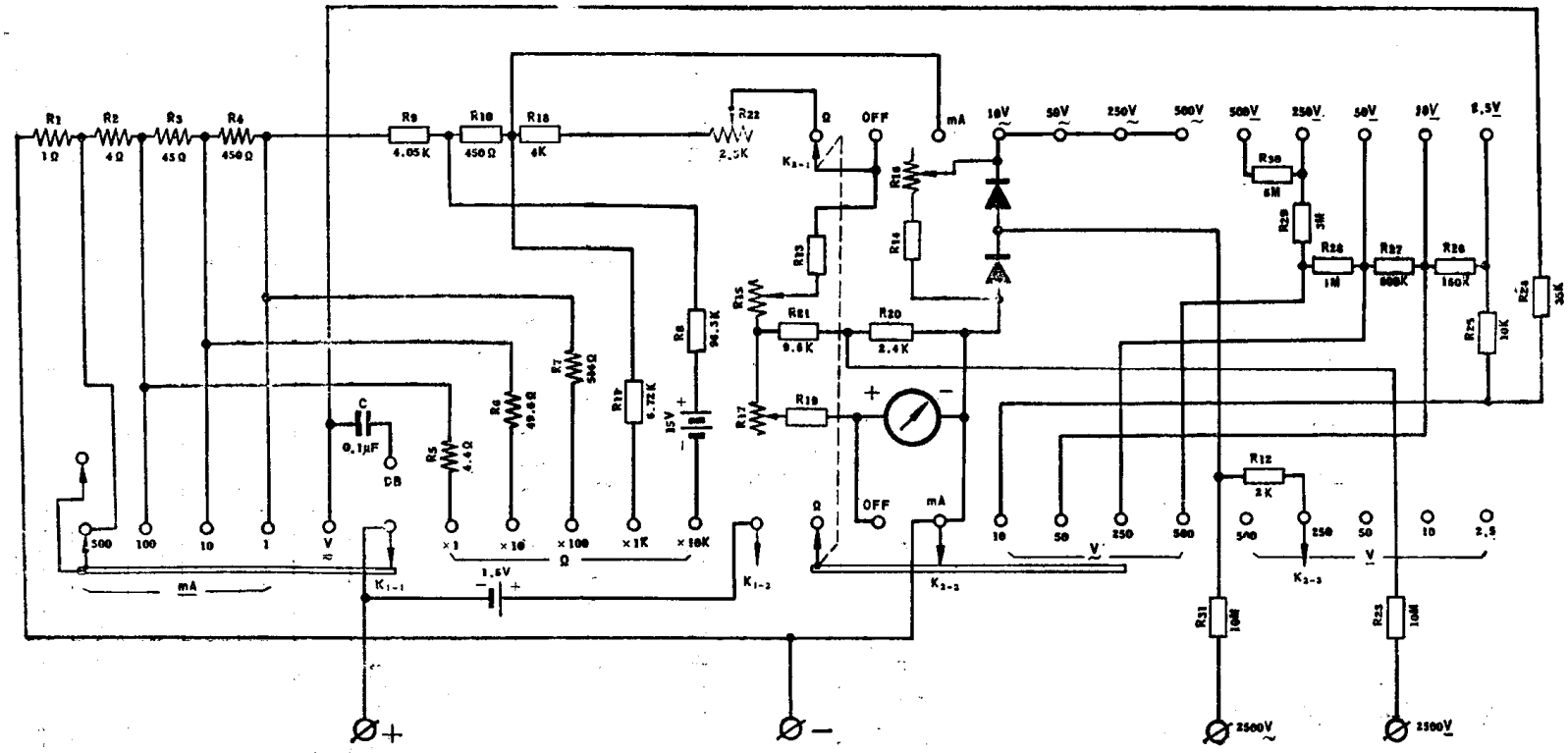


图 5—25,1　500型万用表（结构之四）总电路图

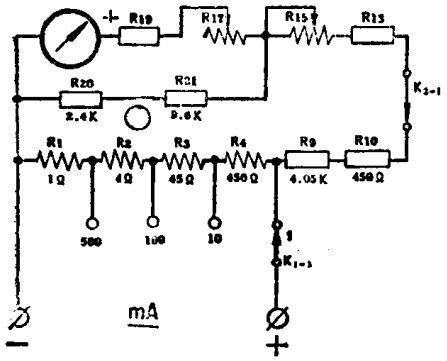


图 5—25.2　直流电流测量电路

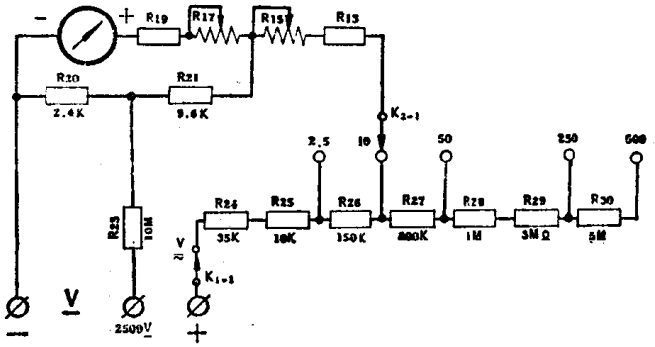


图 5—25.3　直流电压测量电路

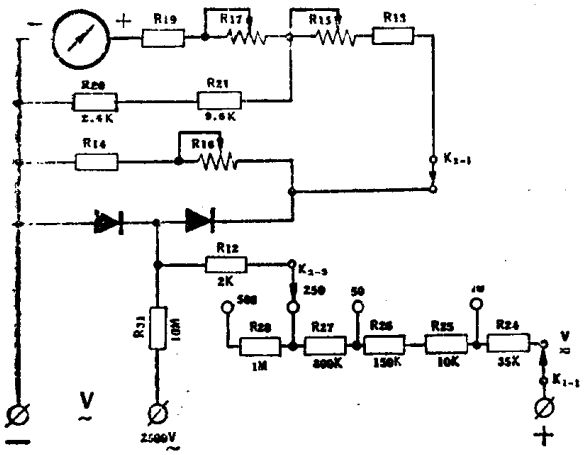


图 5—25.4　交流电压测量电路

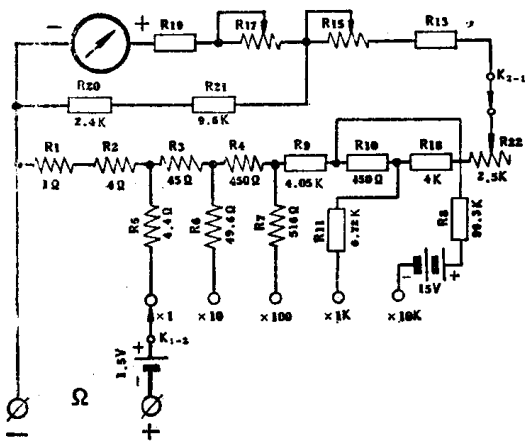


图 5—25.5　电阻测量电路

(26) 500(500-F)型万用表（结构之五）

（上海震华电器厂）

一、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	精度等级	基本误差表示方法
直流电压	0-2.5-10-50-250-500 V	20KΩ/V	2.5	以标度尺工作部分上量限的百分数表示
	2500 V	4KΩ/V	4.0	
交流电压	0-10-50-250-500 V	4KΩ/V	4.0	
	2500 V	4KΩ/V	5.0	
直流电流	0-50μA-1-10-100-500mA		2.5	
电阻	0-2K-20K-200K-2M-20MΩ		2.5	以标度尺工作部分长度的百分数表示

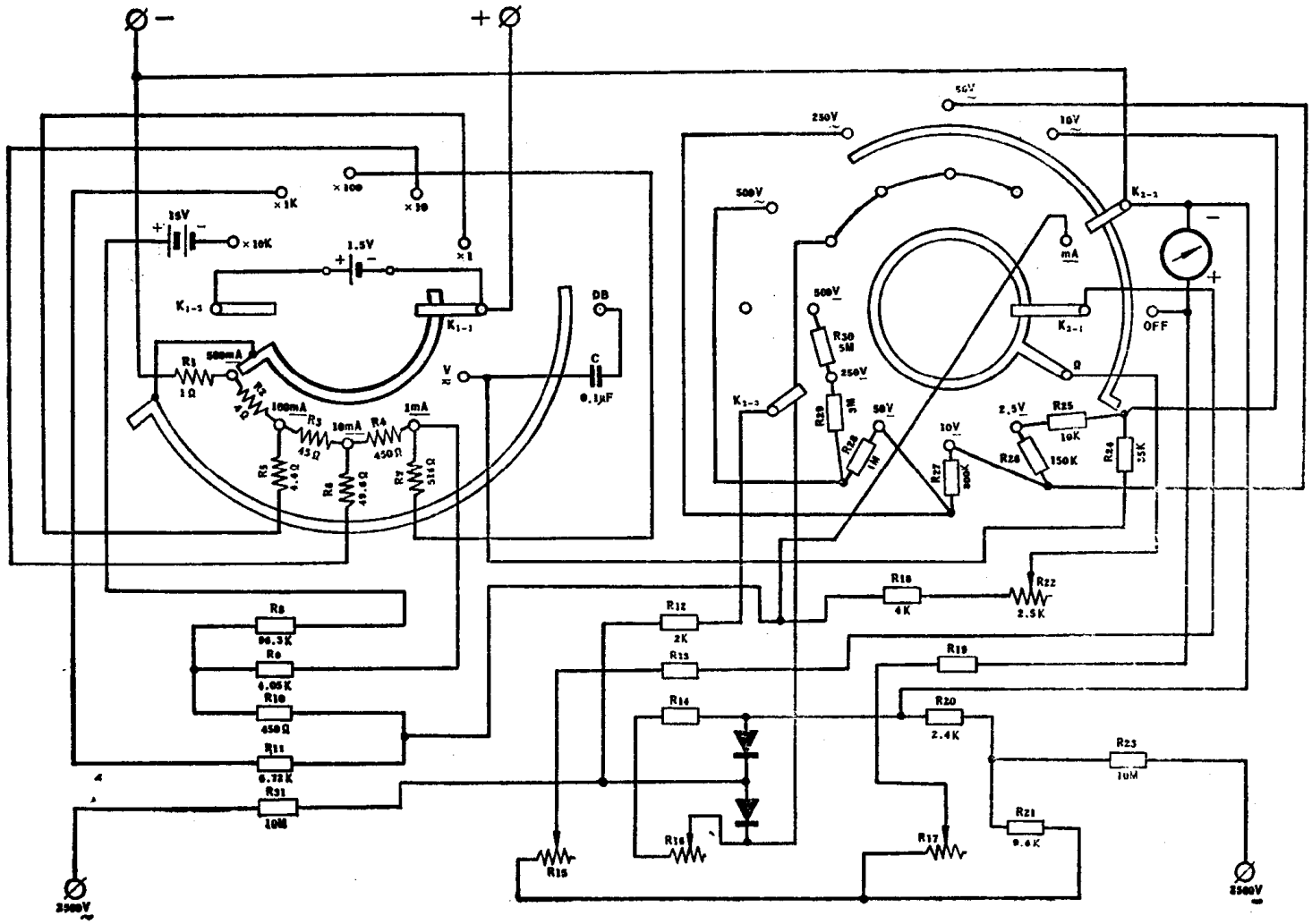


图 5—25.6　电路元件位置图（元件位置按反面向下看）

2.分贝刻度：－10dB—0—＋22dB

3.表头参数：

灵敏度：40微安；

内　阻：2.5K；

线　径：0.03毫米；

圈　数：1500匝。

4.体积：178×173×84毫米；

5.重量：约2公斤。

二、电路图

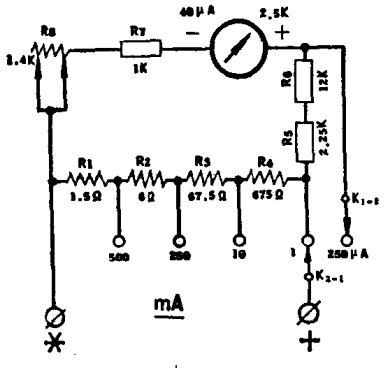


图5—26.2　直流电流测量电路

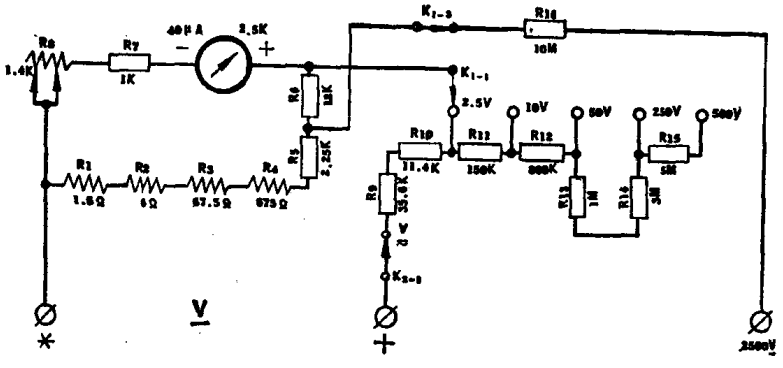


图5—26.3　直流电压测量电路

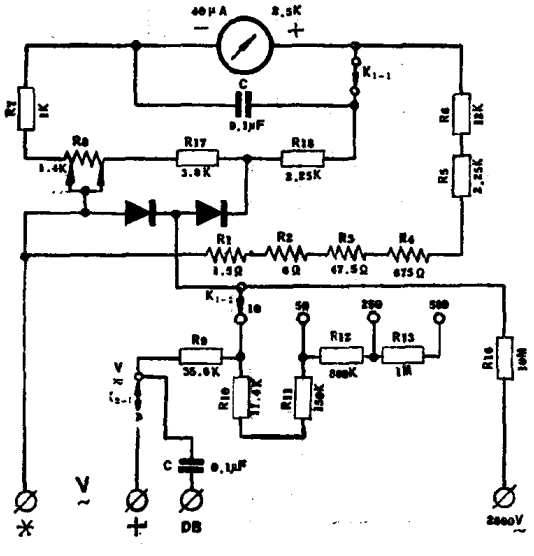


图5—26.4　交流电压测量电路

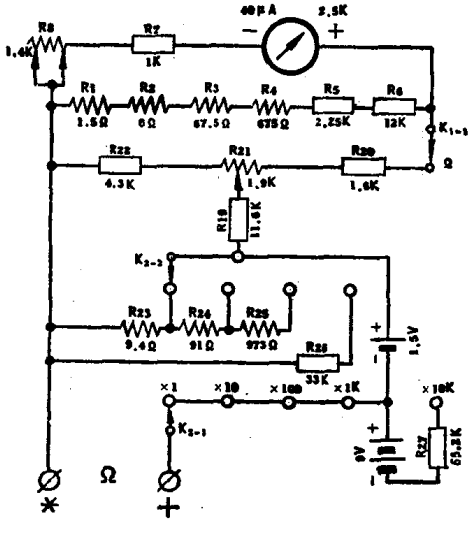


图5—26.5　电阻测量电路

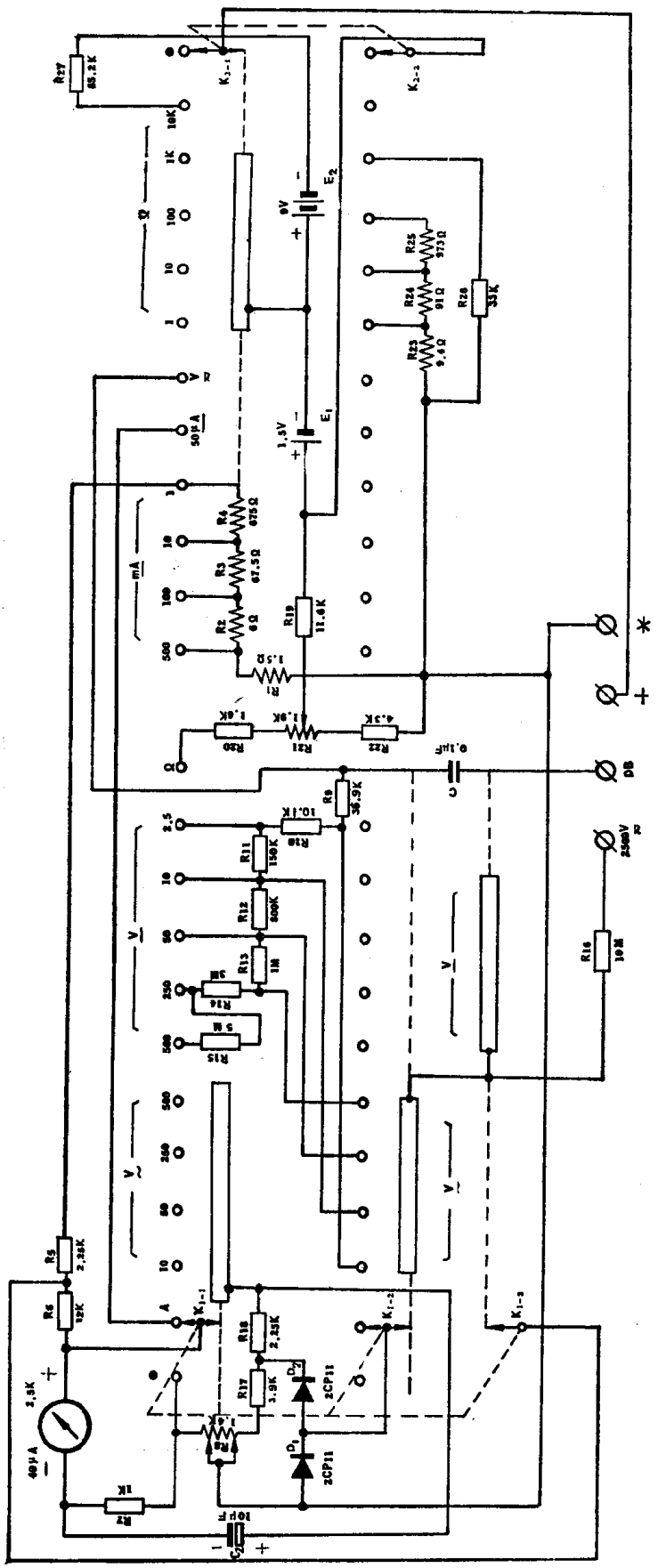


图 5—26.1　500（500—F）型万用表（结构之五）总电路图

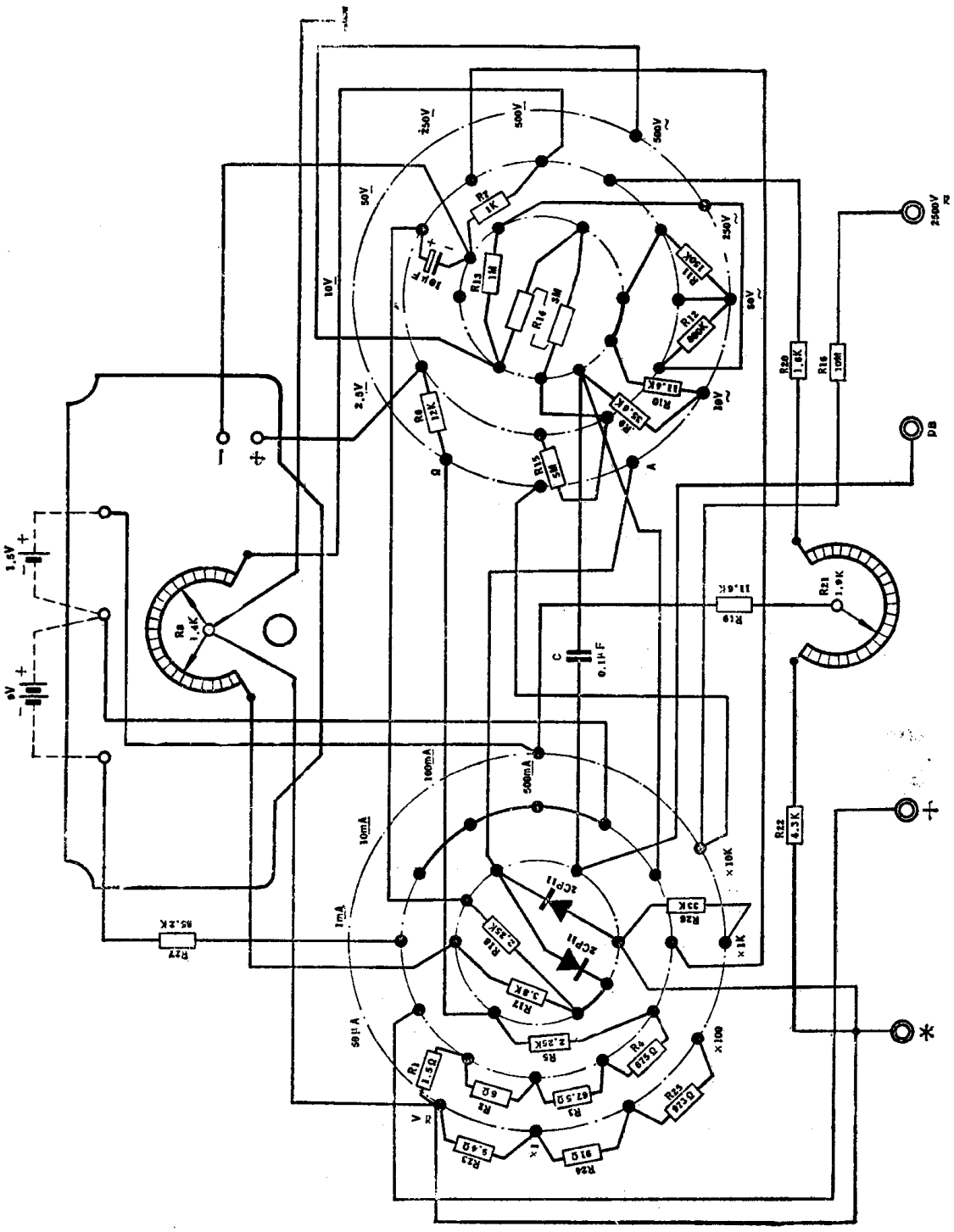


图 5—26.6　电路元件位置图

500（500—F）型万用表元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{17}	炭膜电阻	3.9KΩ(用2cp6时为3.8KΩ)
R_2	线绕电阻	6Ω	R_{18}	炭膜电阻	2.25KΩ
R_3	线绕电阻	67.5Ω	R_{19}	炭膜电阻	11.6KΩ
R_4	线绕电阻	675Ω	R_{20}	炭膜电阻	1.6KΩ
R_5	线绕电阻	2.25KΩ	R_{21}	线绕电位器	1.9KΩ
R_6	炭膜电阻	12KΩ	R_{22}	炭膜电阻	4.3KΩ
R_7	炭膜电阻	1KΩ	R_{23}	线绕电阻	9.4Ω
R_8	线绕电位器	1.4KΩ	R_{24}	线绕电阻	91Ω
R_9	炭膜电阻	36.9KΩ(用2cp6时为35.7KΩ)	R_{25}	线绕电阻	973Ω
R_{10}	炭膜电阻	10.1KΩ(用2cp6时为11.4KΩ)	R_{26}	炭膜电阻	33KΩ
R_{11}	炭膜电阻	150KΩ	R_{27}	炭膜电阻	85.2KΩ
R_{12}	炭膜电阻	800KΩ	C_1	电容器	0.1μF 250V
R_{13}	炭膜电阻	1MΩ	C_2	电解电容器	10μF
R_{14}	炭膜电阻	3MΩ	D_1、D_2	二极管	2cp11或2cp6
R_{15}	炭膜电阻	5MΩ	E_1	电池	2号 1.5V
R_{16}	炭膜电阻	10MΩ	E_2	电池	迭层式 9V

（27）501型万用表（结构之一）

（上海震亚电表厂）

一、用途和构造

1.501型万用表（结构之一）共有二十一档量程，可以测量交直流电流、交直流电压及电阻等。

2.本表装于木制外壳内，有盒盖及皮提手，便于携带。面板用夹布胶木制成，上附印字铝板一块，铝板上装有转换开关二只、电位器一只、接线柱四只（+、-、+1200V、～），转换开关及电位器各配胶木旋钮一只。使用时，“+1200V”及“-”二接线柱测交直流高压；“～”及“+”测交流电流；其它测量用“+”及“-”。

3.表头系方型116×105毫米磁电式，正下方装有指针调零器。

4.电阻测量采用1.5伏1号电池一节（R×1、R×10、R×100档用），1.5伏2号电池三节（R×1K档用）。电池装在表壳上部夹层中，与内部零件隔离，换电时抽出上方侧壁

板。

5.本表外形尺寸为245×200×116毫米；重约 2 公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-3-30-150-300mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-6-30-300-600-1200V	2KΩ/V	±3	
交流电流	0-1-2.5-5-10A		±4	
交流电压	0-6-30-300-600V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：12、120Ω、1、2K、12KΩ		±10	以被测值的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100、×1K			
	范围：0-2-20-200KΩ-2MΩ			

2.表头参数：

灵敏度：400微安；

线　径：0.05毫米；

内　阻：200欧姆；

圈　数：350匝。

三、电路图

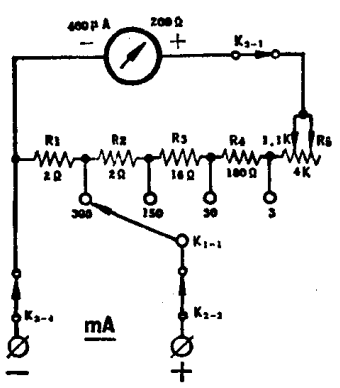


图 5—27.2　直流电流测量电路

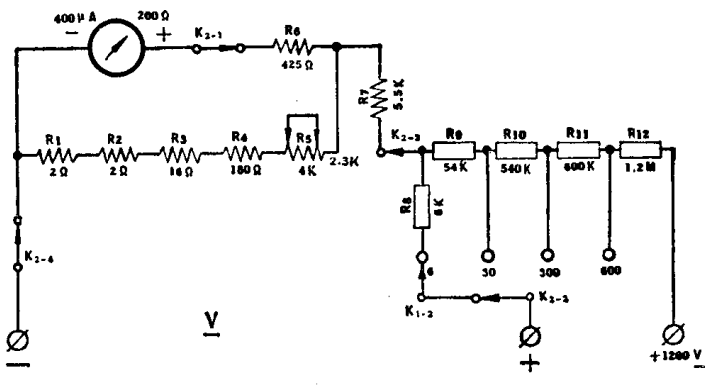


图 5—27.3　直流电压测量电路

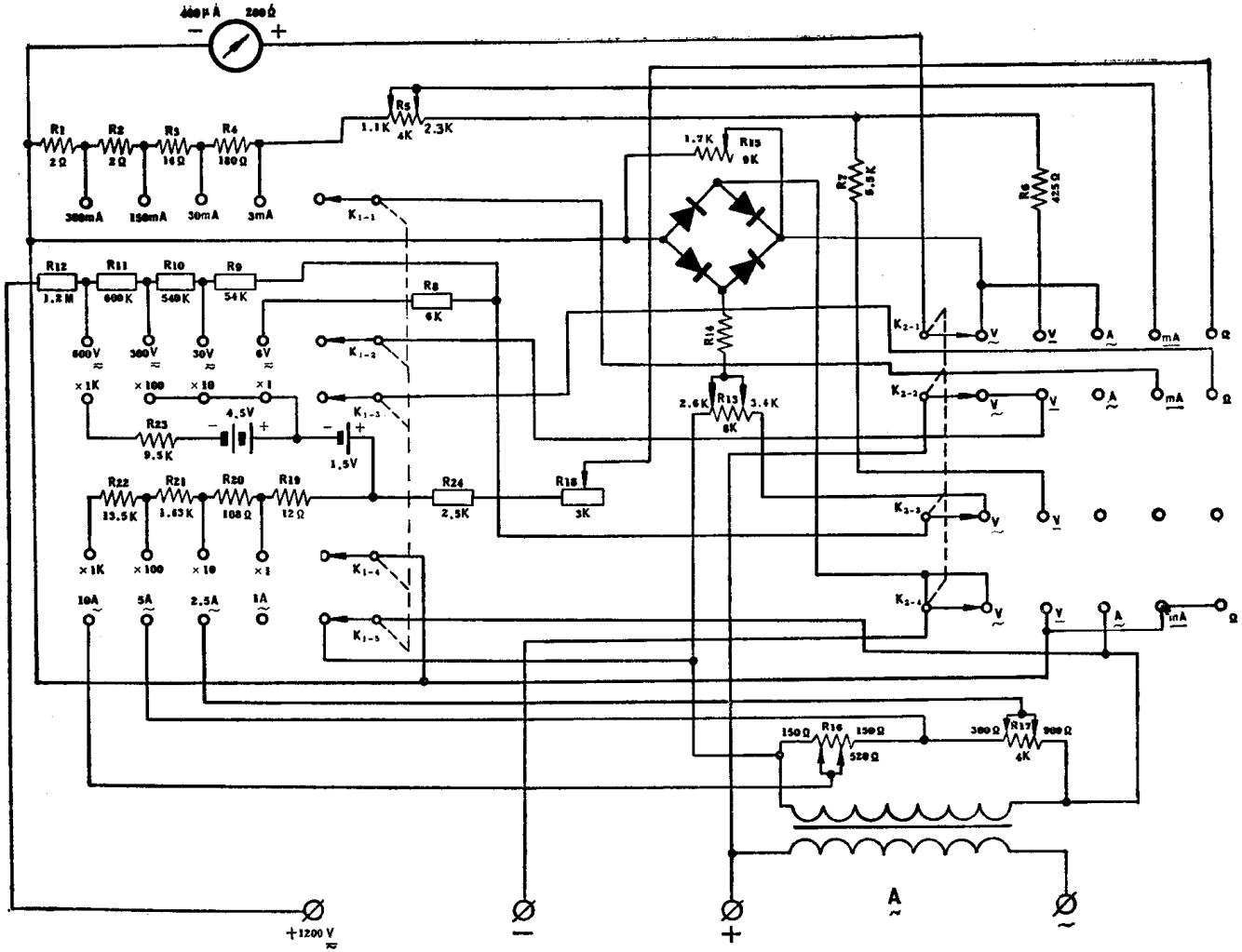


图 5—27.1　501型万用表（结构之一）总电路图

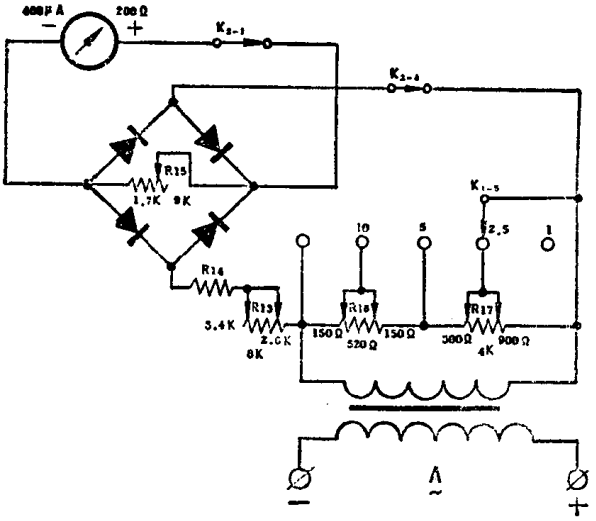


图 5—27.4　交流电流测量电路

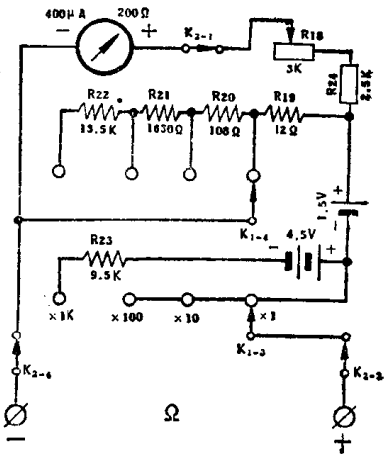


图 5—27.6　电阻测量电路

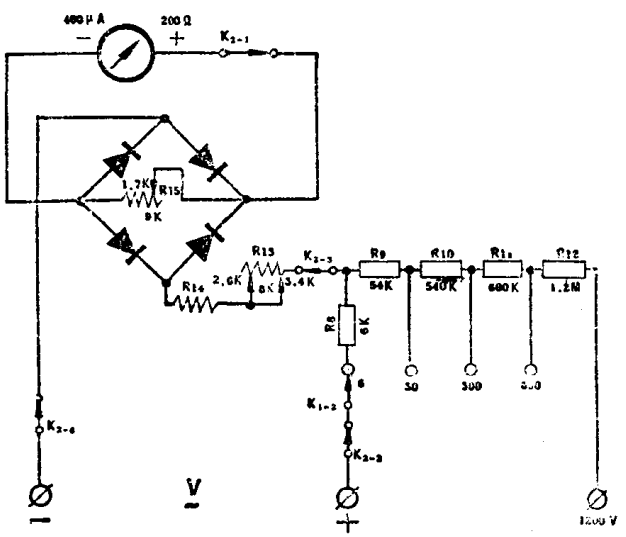


图 5—27.5　交流电压测量电路

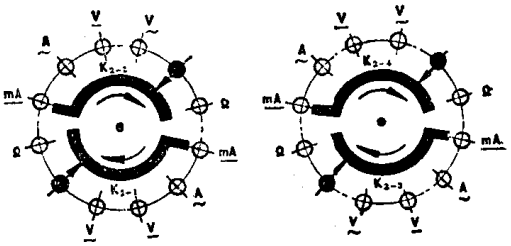


图 5—27.7　测量种类转换开关

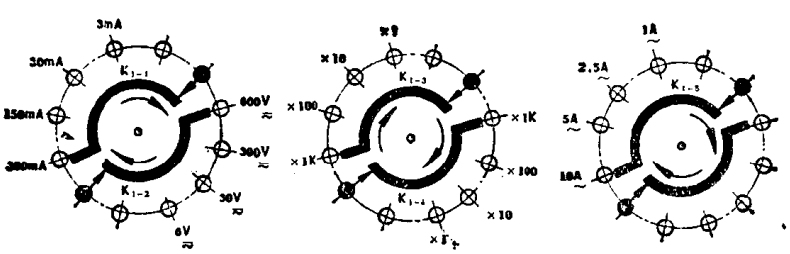


图 5—27.8　量程转换开关

501型万用表（结构之一）元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	2Ω	R_{10}	炭膜电阻	540KΩ	R_{17}	线绕可变电阻	全值4KΩ
R_2	线绕电阻	2Ω	R_{11}	炭膜电阻	600KΩ	R_{18}	炭膜电位器	3KΩ
R_3	线绕电阻	16Ω	R_{12}	炭膜电阻	1.2MΩ	R_{19}	线绕电阻	12Ω
R_4	线绕电阻	180Ω	R_{13}	线绕可变电阻	全值8KΩ(⩛用3.4KΩ,⩓用2.6KΩ)	R_{20}	线绕电阻	108Ω
R_5	线绕可变电阻	全值4KΩ(mA用1.1KΩ,V用2.3KΩ)				R_{21}	线绕电阻	1630Ω
			R_{14}	线绕电阻	—	R_{22}	线绕电阻	13.5KΩ
R_6	线绕电阻	425Ω	R_{15}	线绕可变电阻	全值9KΩ(A用1.7KΩ,V用1.7KΩ)	R_{23}	线绕电阻	9.5KΩ
R_7	线绕电阻	5.5KΩ				R_{24}	炭膜电阻	2.5KΩ
R_8	炭膜电阻	6KΩ	R_{16}	线绕可变电阻	全值520Ω			
R_9	炭膜电阻	54KΩ						

（28）501型万用表（结构之二）

501型万用表（结构之二）与（结构之一）大体相同，其不同之处如下：

一、接线柱排列位置不同，使用时，“+1200V”及“+”测交直流高压；“～”及“－”测交流电流；其它测量均用“+”及“－”两接线柱。

二、表头参数

灵敏度：300微安；

内　阻：200欧姆。

三、电路图

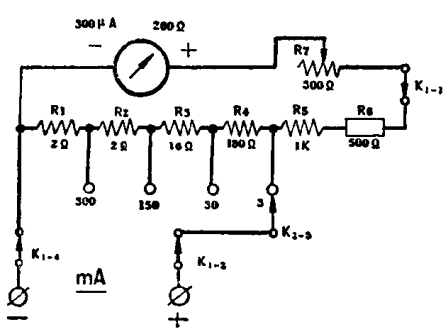


图 5—28.2　直流电流测量电路

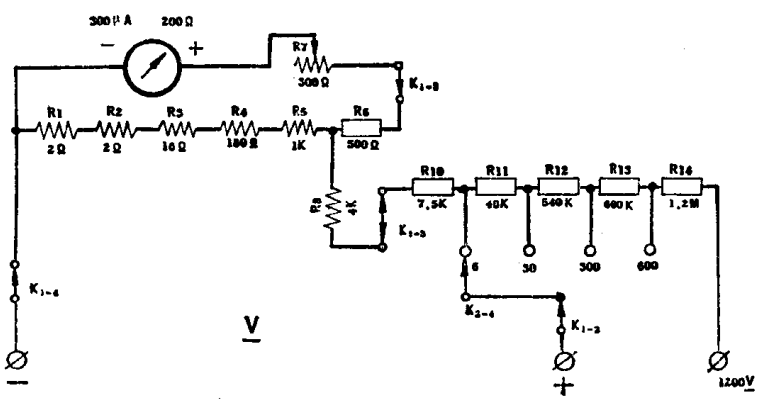


图 5—28.3　直流电压测量电路

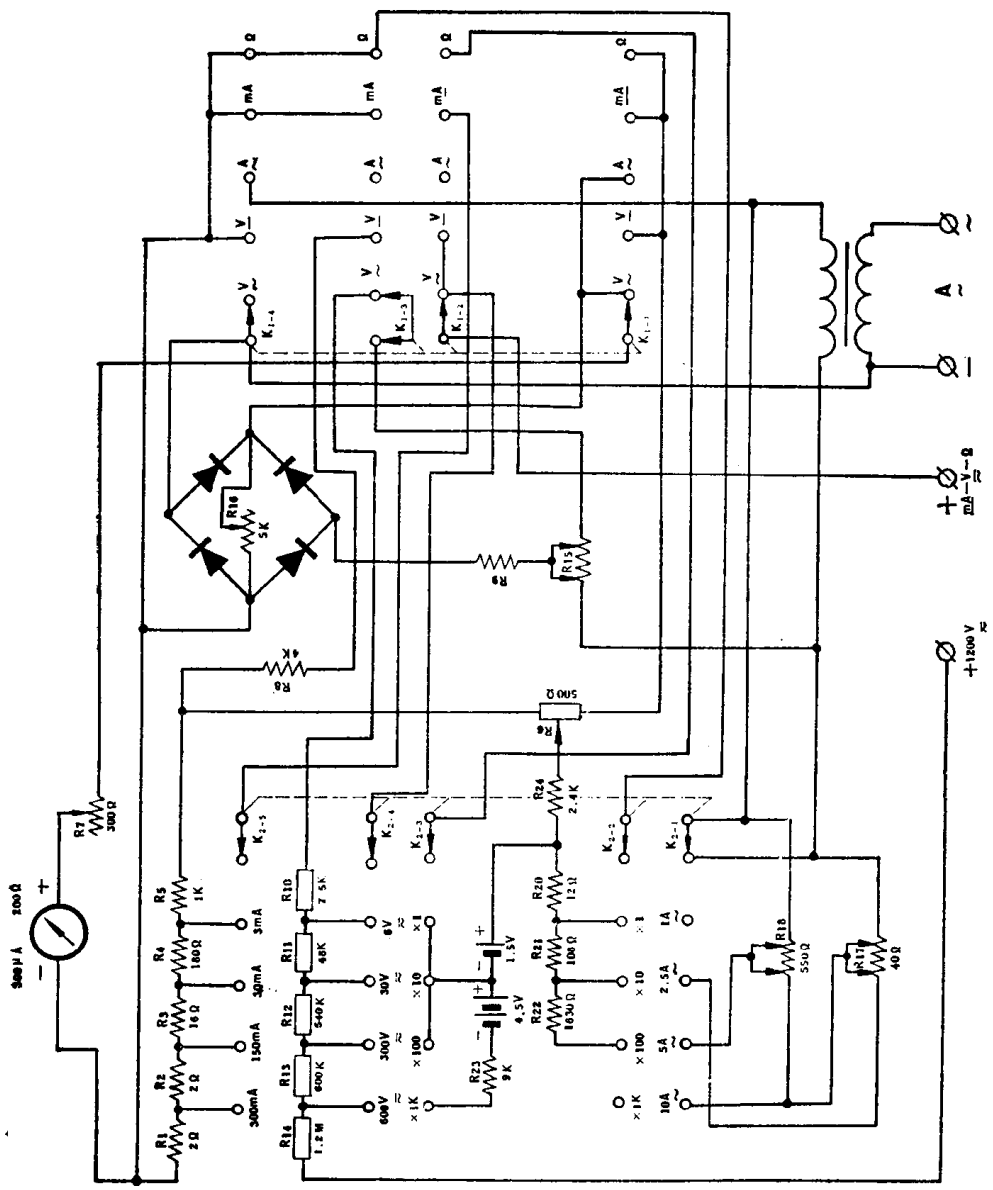


图 5—28.1　501型万用表（结构之二）总电路图

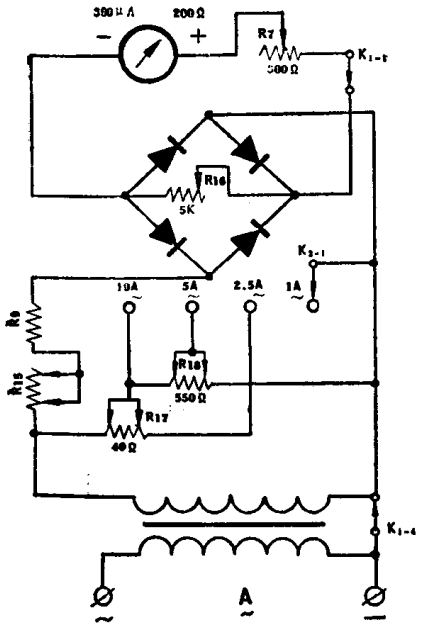


图 5 —28.4　交流电流测量电路

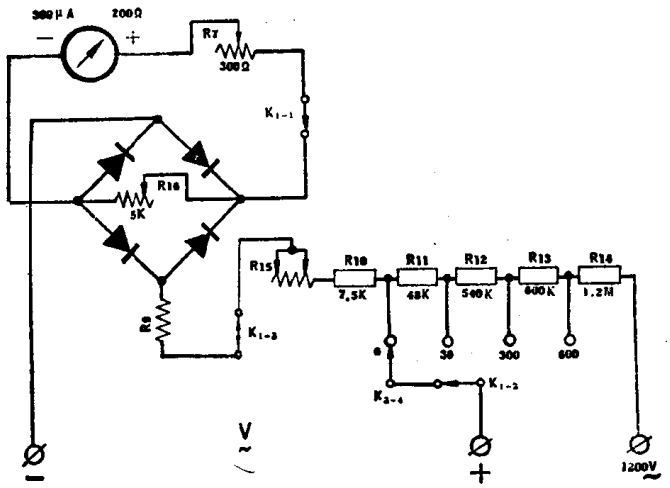


图 5 —28.5　交流电压测量电路

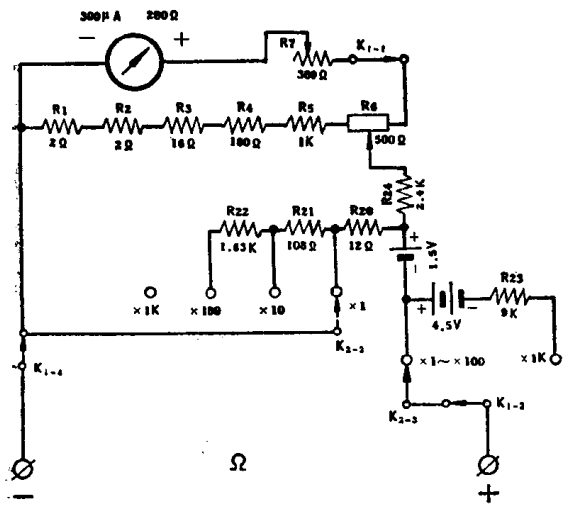


图 5 —28.6　电阻测量电路

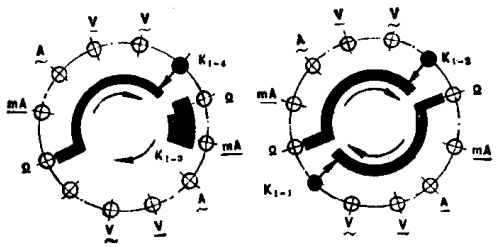


图 5 —28.7　测量种类转换开关

(29) 501型万用表（结构之三）

其结构与结构之二基本相同。

基本误差、测量范围、电压表灵敏度及测量电路的综合内阻等与结构之一同。不同之处如下几点：

一、表头参数

灵敏度：150微安；

内　阻：725欧姆；

线　径：0.03毫米；

圈　数：600匝。

二、电路图

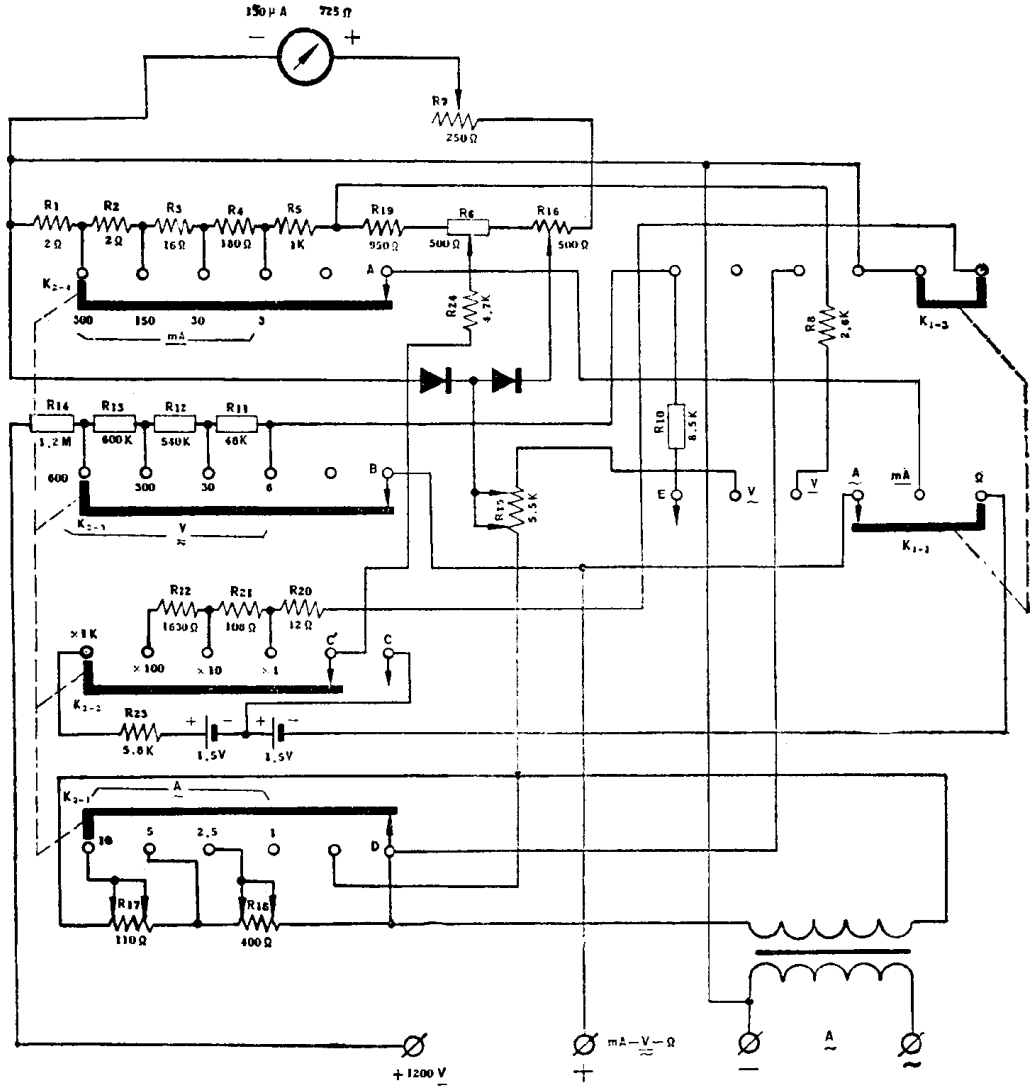


图 5—29.1　501型万用表（结构之三）总电路图

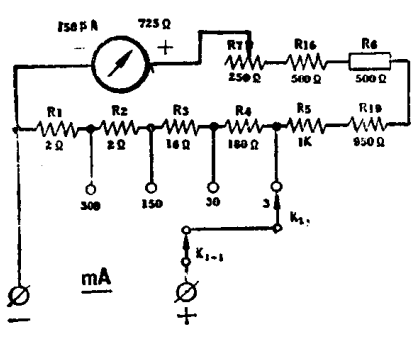


图 5—29.2　直流电流测量电路

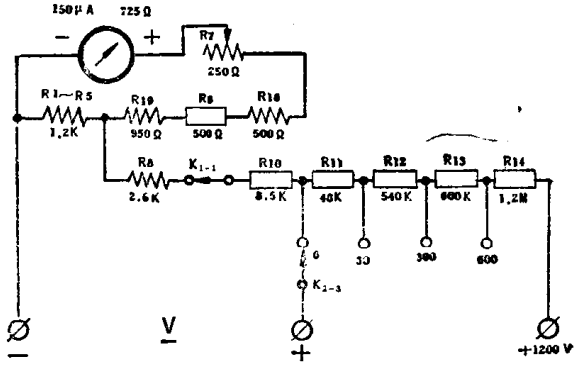


图 5—29.3　直流电压测量电路

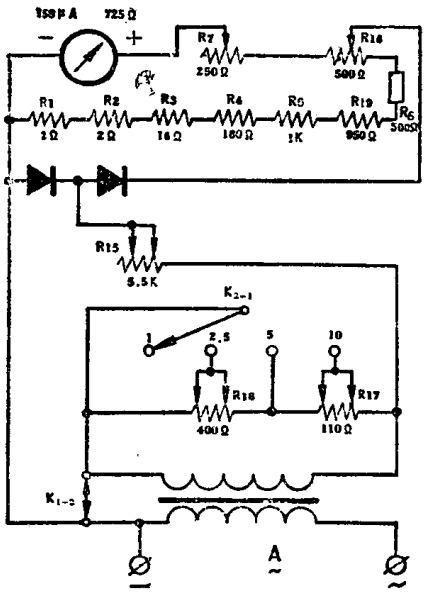


图 5—29.4　交流电流测量电路

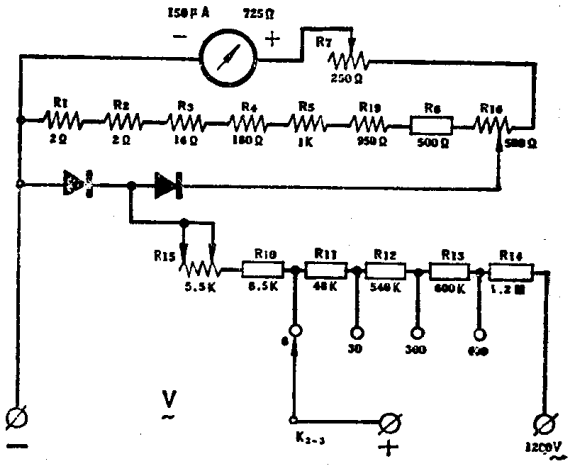


图 5—29.5　交流电压测量电路

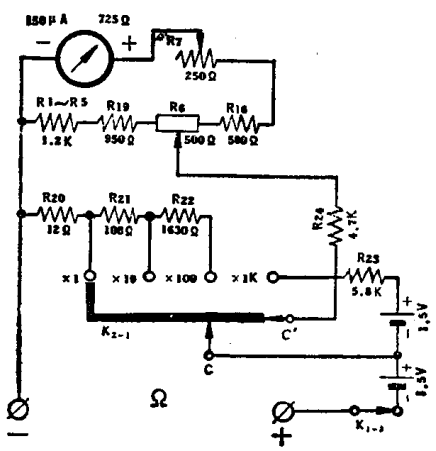


图 5—29.6　电阻测量电路

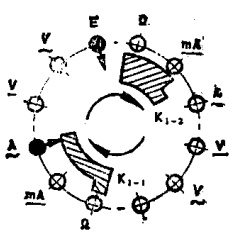


图 5—29.7　测量种类转换开关

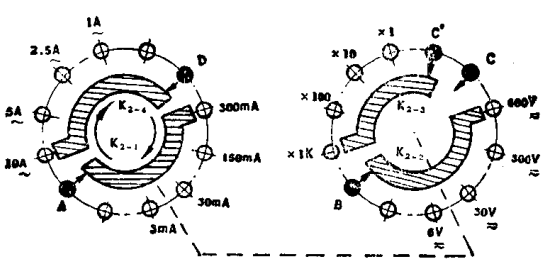


图 5—29.8　量程转换开关

501型万用表（结构之三）元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	2Ω	R_{10}	炭膜电阻	8.5KΩ	R_{18}	线绕可变电阻	400Ω
R_2	线绕电阻	2Ω	R_{11}	炭膜电阻	48KΩ	R_{19}	线绕电阻	950Ω
R_3	线绕电阻	16Ω	R_{12}	炭膜电阻	540KΩ	R_{20}	线绕电阻	12Ω
R_4	线绕电阻	180Ω	R_{13}	炭膜电阻	600KΩ	R_{21}	线绕电阻	108Ω
R_5	线绕电阻	1KΩ	R_{14}	炭膜电阻	1.2MΩ	R_{22}	线绕电阻	1.63KΩ
R_6	炭膜电位器	500Ω	R_{15}	线绕可变电阻	5.5KΩ	R_{23}	线绕电阻	5.8KΩ
R_7	线绕可变电阻	全值250Ω（用125Ω）	R_{16}	线绕可变电阻	500Ω	R_{24}	线绕电阻	4.7KΩ
R_8	线绕电阻	2.6KΩ	R_{17}	线绕可变电阻	110Ω			

（30）505型万用表（结构之一）

（上海震亚电器厂）

一、用途和构造

1.505型万用表（结构之一）共有二十五档量程，可以测量交直流电流、交直流电压、电阻等。

2.外壳用黑色胶木制成，有皮提手，便于携带。面板用有机玻璃制成，反面印字涂色字迹清晰，日久不会模糊。面板上装有转换开关二只（测量种类及量程选择开关各一只）（零欧姆调整器）一只、插孔六个（+、-、1500V、1.5A、3A、6A），转换开关及调整器各配胶木旋钮一只。使用时，除测交流电流及交直流高压使用专用插孔外，均用“+”、“-”二插孔。插孔“-”为公用端。

3.表头系方型130×105毫米磁电式，正下方装有指针调零器。

4.电阻档采用1.5伏2号电池一节（R×1、R×10、R×100、R×1000档用）；1.5伏5号电池六节（R×10K档用）。电池装在表底夹层中，与内部零件隔离，换电方便。铝制电池盖板在表底面，板上印有线路图及简要说明。

5.本表外形尺寸为185×140×90毫米；重约2公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-150μA-3-30-150-300mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数
直流电压	0-6-30-150-300-600-1500V	2KΩ/V	±3	

交流电流	0-1.5-3-6A		±4	表示
交流电压	0-6-30-150-300-600-1500V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：10、100Ω、1K、10K、100KΩ		±3	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100、×1K、×10K			
	范围：0-2-20-200KΩ-2-20MΩ			

2.表头参数：

灵敏度：74微安；

内　阻：1350欧姆；

线　经：0.03毫米；

圈　数：1000匝。

有些产品采用灵敏度75微安；内阻1000欧姆。

三、电路图

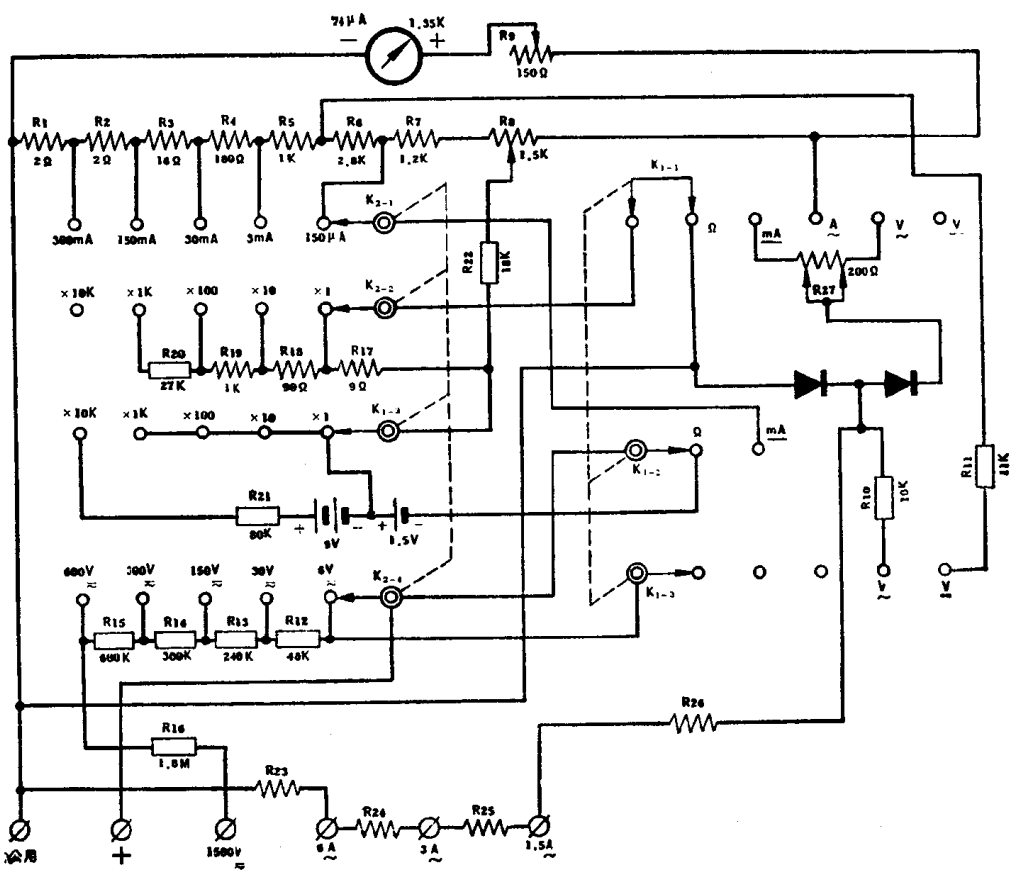


图5—30.1　505型万用表（结构之一）总电路图

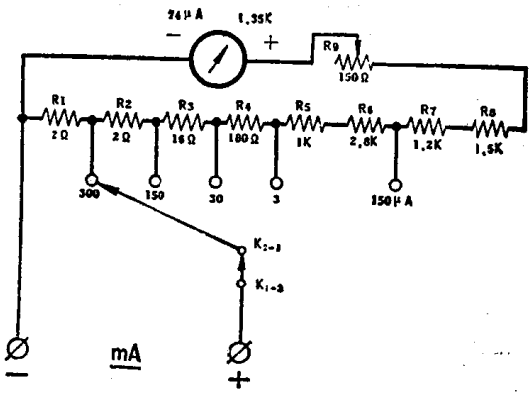


图 5—30.2　直流电流测量电路

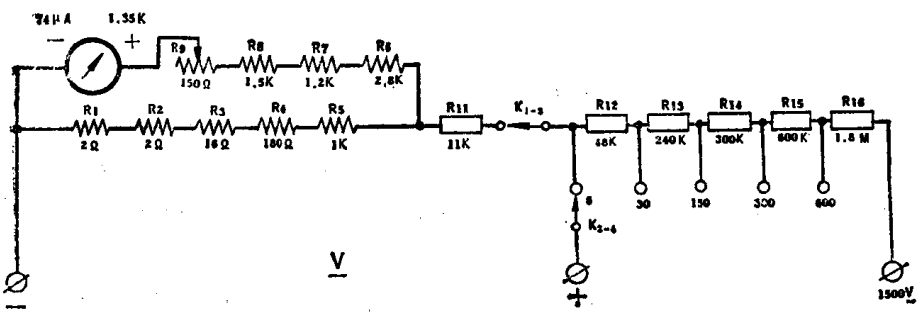


图 5—30.3　直流电压测量电路

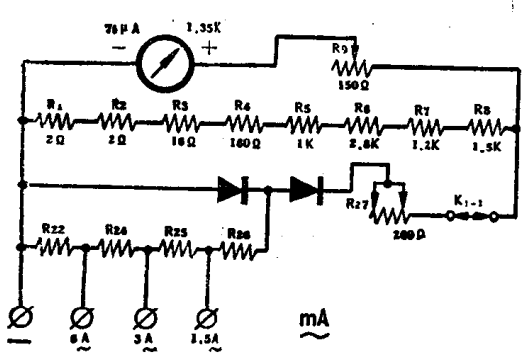


图 5—30.4　交流电流测量电路

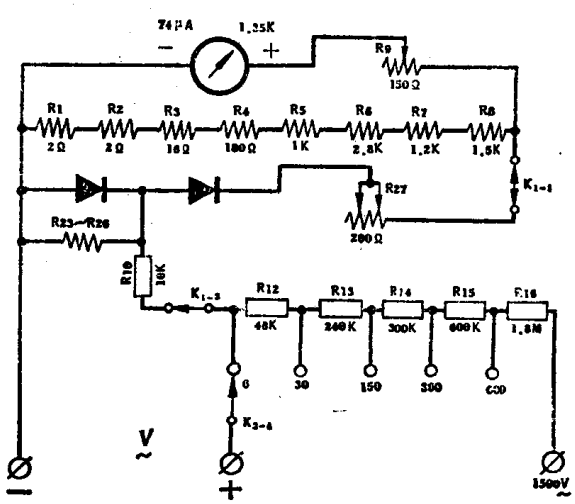


图 5—30.5　交流电压测量电路

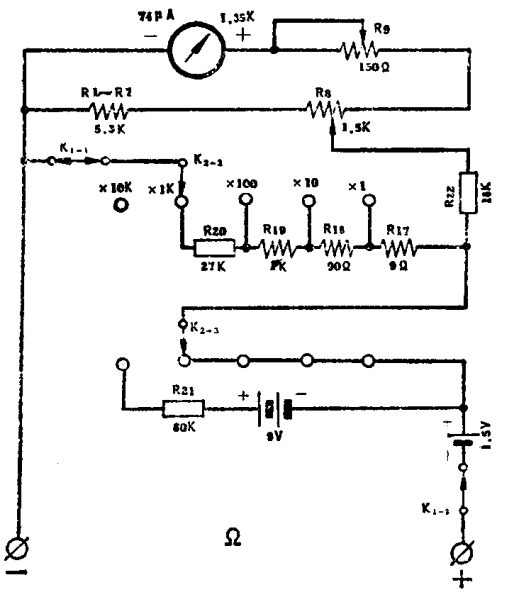


图 5 —30.6　电阻测量电路

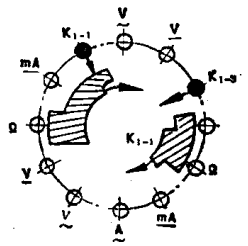
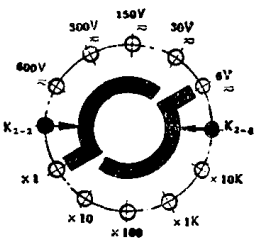


图 5 —30.7　测量种类转换开关



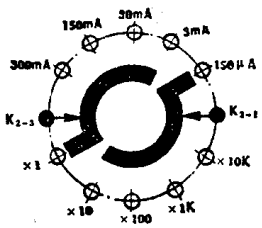


图 5 —30.8　量程转换开关

505型万用表（结构之一）元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	2Ω	R_{10}	炭膜电阻	10KΩ	R_{19}	线绕电阻	1KΩ
R_2	线绕电阻	2Ω	R_{11}	炭膜电阻	11KΩ	R_{20}	炭膜电阻	27KΩ
R_3	线绕电阻	16Ω	R_{12}	炭膜电阻	48KΩ	R_{21}	炭膜电阻	80KΩ
R_4	线绕电阻	180Ω	R_{13}	炭膜电阻	240KΩ	R_{22}	炭膜电阻	18KΩ
R_5	线绕电阻	1KΩ	R_{14}	炭膜电阻	300KΩ	R_{23}	线绕电阻	0.3Ω
R_6	线绕电阻	2.8KΩ	R_{15}	炭膜电阻	600KΩ	R_{24}	线绕电阻	0.3Ω
R_7	线绕电阻	1.2KΩ	R_{16}	炭膜电阻	1.8MΩ	R_{25}	线绕电阻	0.6Ω
R_8	线绕电位器	1.5KΩ	R_{17}	线绕电阻	9Ω	R_{26}	线绕电阻	300Ω
R_9	线绕可变电阻	150Ω	R_{18}	线绕电阻	90Ω	R_{27}	线绕可变电阻	200Ω

(31)505型万用表（结构之二）

一、用途和构造

面板用黑色胶木制成，上印金字。

二、测量范围、电压表灵敏度及测量电路的综合内阻、准确度与结构之一相同。不同之处如下：

1.表面刻度无反射镜

第一条：欧姆刻度；

第二条：交直流刻度；

第三条：交流 6 V专用刻度；

第四条：交流电流刻度；

第五条：分贝刻度－10dB—0—＋10dB。

2.表头参数：

灵敏度：74微安；

内　阻：2000欧姆；

线　径：0.03毫米；

圈　数：1000匝。

三、电路图

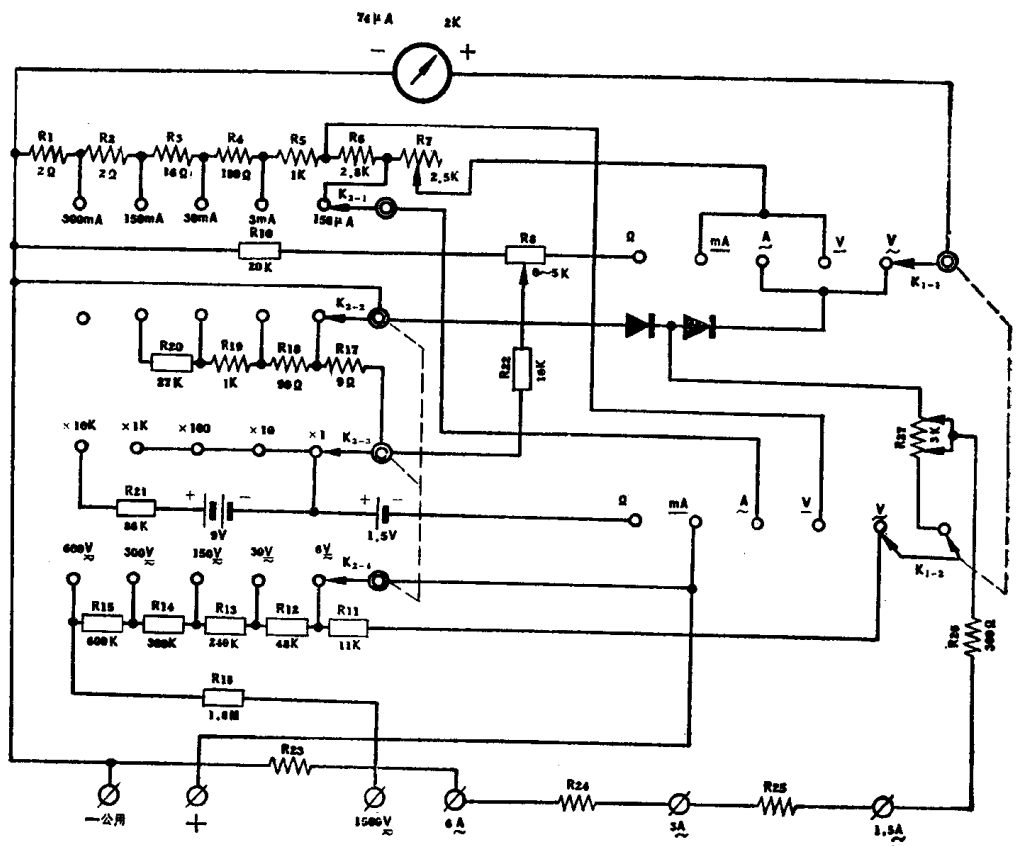


图 5—31.1　505型万用表（结构之二）总电路图

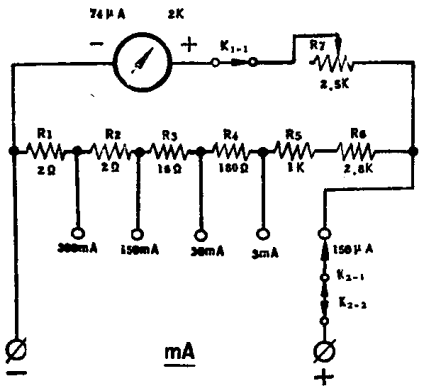


图 5—31.2　直流电流测量电路

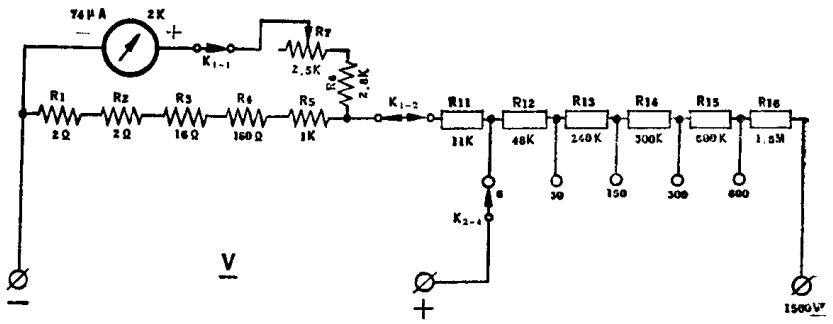


图 5—31.3　直流电压测量电路

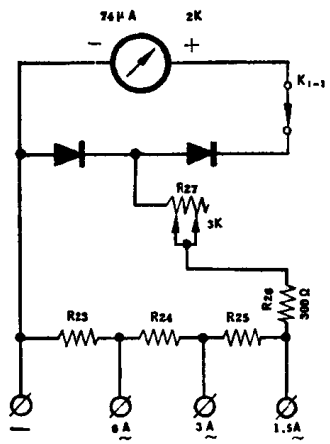


图 5—31.4　交流电流测量电路

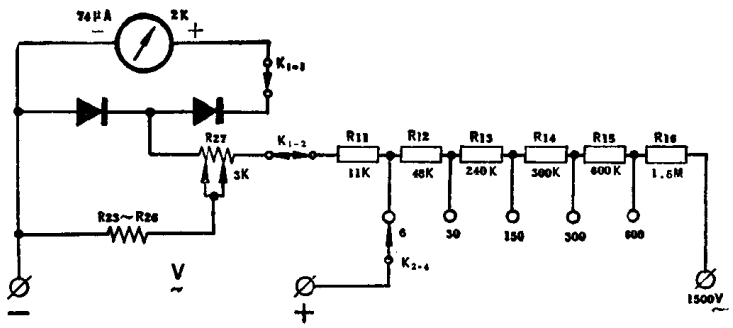


图 5—31.5　交流电压测量电路

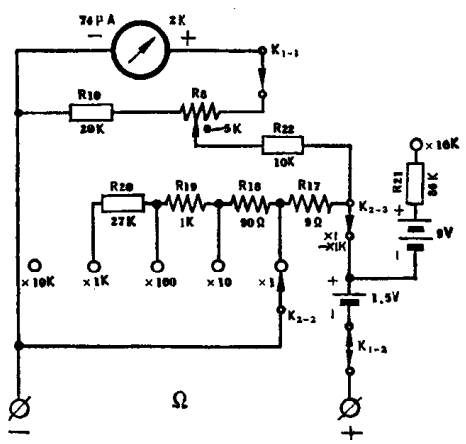


图 5—31.6　电阻测量电路

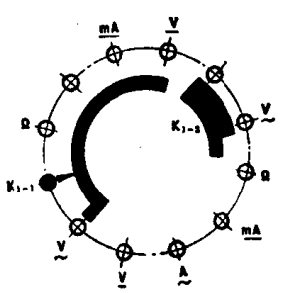


图 5—31.7　测量种类转换开关

除测量种类转换开关外，其它均与结构之一相同（图中指V位置时情况）。

505 型 万 用 表（结构之二）元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	2Ω	R_{11}	炭膜电阻	11KΩ	R_{20}	炭膜电阻	27KΩ
R_2	线绕电阻	2Ω	R_{12}	炭膜电阻	48KΩ	R_{21}	炭膜电阻	86KΩ
R_3	线绕电阻	16Ω	R_{13}	炭膜电阻	240KΩ	R_{22}	炭膜电阻	10KΩ
R_4	线绕电阻	180Ω	R_{14}	炭膜电阻	300KΩ	R_{23}	线绕电阻	0.3Ω
R_5	线绕电阻	1KΩ	R_{15}	炭膜电阻	600KΩ	R_{24}	线绕电阻	0.3Ω
R_6	线绕电阻	2.8KΩ	R_{16}	炭膜电阻	1.8MΩ	R_{25}	线绕电阻	0.6Ω
R_7	线绕可变电阻	2.5KΩ(用2.1KΩ)	R_{17}	线绕电阻	9Ω	R_{26}	线绕电阻	300Ω
R_8	炭膜电位器	0～5KΩ	R_{18}	线绕电阻	90Ω	R_{27}	线绕可变电阻	3KΩ
R_{10}	炭膜电阻	20KΩ	R_{19}	线绕电阻	1KΩ			

(32)505型万用表（结构之三）

505型万用表（结构之三）的外形构造、测量范围、电压表灵敏度及测量电路的综合内阻、准确度、表头参数、电路转换方式及转换开关结构简图与结构之二相同。

分贝刻度为－5dB—0—＋10dB，表面无反射镜。

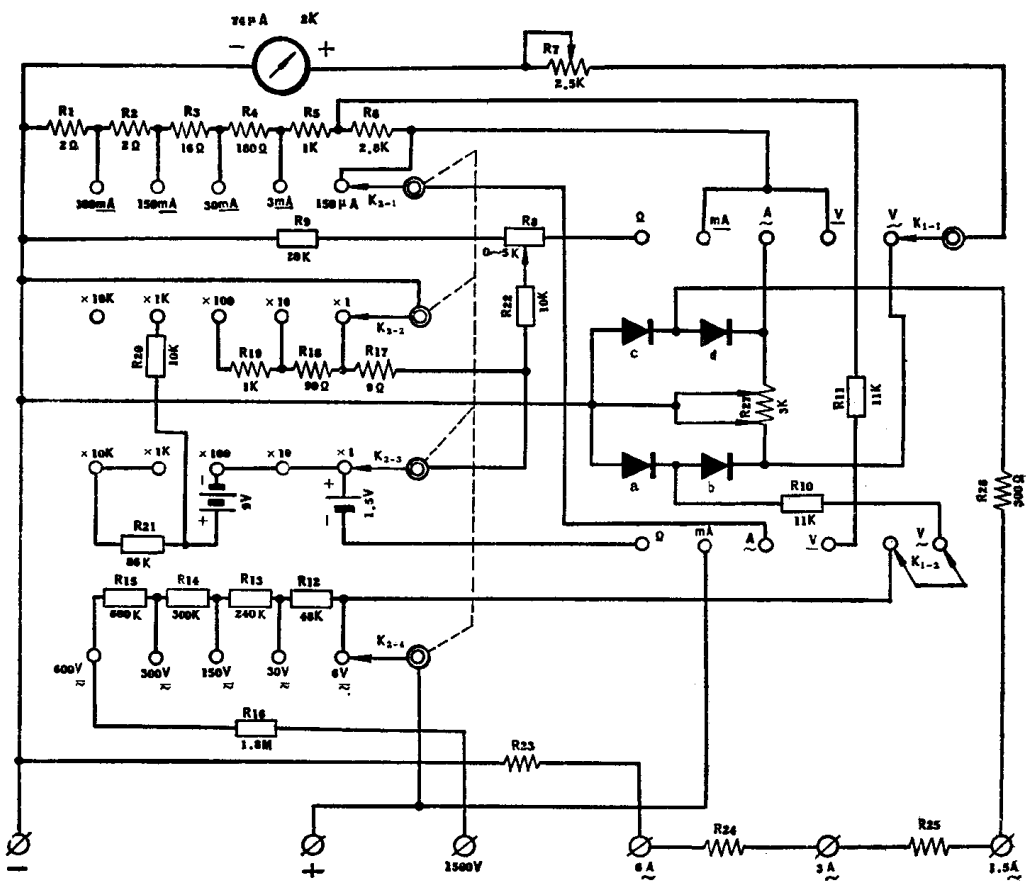


图 5—32.1　505型万用表（结构之三）总电路图

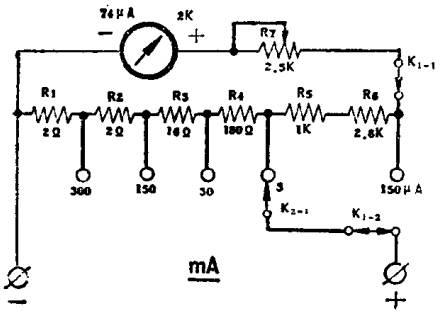


图 5—32.2　直流电流测量电路

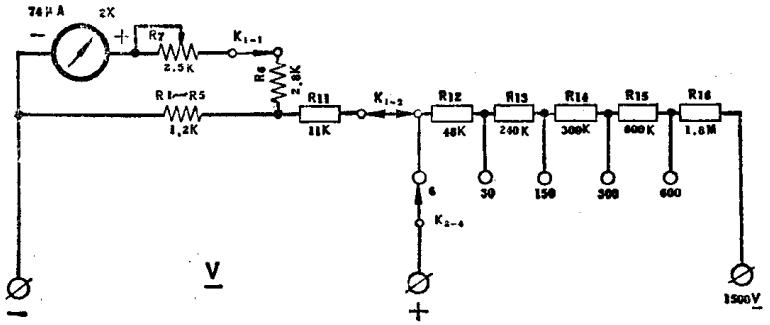


图 5—32.3　直流电压测量电路

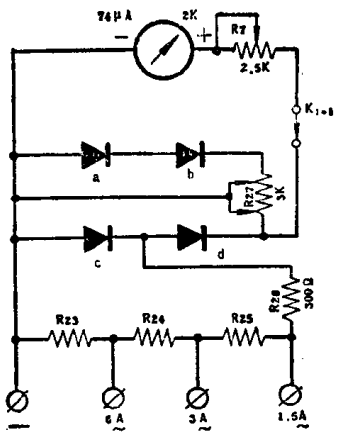


图 5—32.4　交流电流测量电路

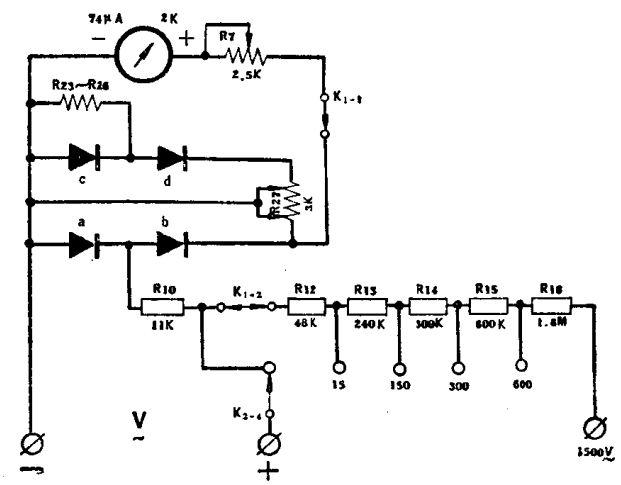


图 5—32.5　交流电压测量电路

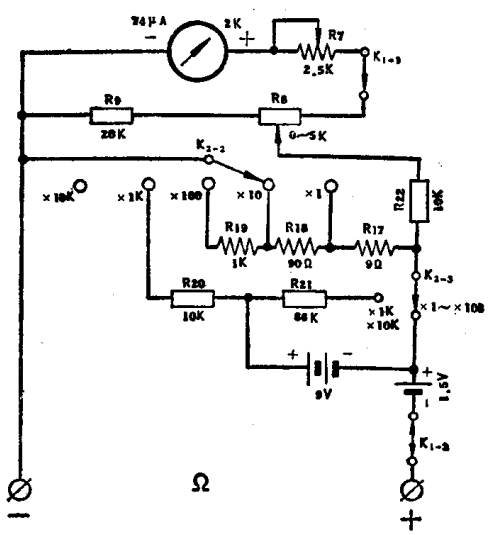


图 5—32.6　电阻测量电路

505 型 万 用 表（结构之三）元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	2Ω	R_{10}	炭膜电阻	11KΩ	R_{19}	线绕电阻	1KΩ
R_2	线绕电阻	2Ω	R_{11}	炭膜电阻	11KΩ	R_{20}	炭膜电阻	10KΩ
R_3	线绕电阻	16Ω	R_{12}	炭膜电阻	48KΩ	R_{21}	炭膜电阻	86KΩ
R_4	线绕电阻	180Ω	R_{13}	炭膜电阻	240KΩ	R_{22}	炭膜电阻	10KΩ
R_5	线绕电阻	1KΩ	R_{14}	炭膜电阻	300KΩ	R_{23}	线绕电阻	0.3Ω
R_6	线绕电阻	2.8KΩ	R_{15}	炭膜电阻	600KΩ	R_{24}	线绕电阻	0.3Ω
R_7	可变线绕电阻	2.5KΩ(用2.1KΩ)	R_{16}	炭膜电阻	1.8MΩ	R_{25}	线绕电阻	0.6Ω
R_8	炭膜电位器	0～5KΩ	R_{17}	线绕电阻	9Ω	R_{26}	线绕电阻	300Ω
R_9	炭膜电阻	20KΩ	R_{18}	线绕电阻	90Ω	R_{27}	线绕可变电阻	3KΩ

(33) 508型 万 用 表

（上海震亚电表厂）

一、用途和构造

1.508型万用表共有二十六档量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻、电感量、电容量及音频电平。

2.外壳用黑色胶木制成，有皮提手，便于携带。胶木面板上喷漆印金字，上面装有转换开关二只（测量种类和量程选择开关各一只）、零欧姆调整器一只、插孔六个（+、-、2500V、输出、LC电源），转换开关及调整器各配胶木旋钮一个。使用时，除测音频电平及交直流高压用专用插孔外，均用“+”、“-”二插孔。插孔“-”为公用端。L、C电源二插孔接交流电压200～240V。

3.表头采用508型四吋方型磁电式电表，表面宽大，刻度清晰，刀型指针，指示迅速。正下方装有指针调零器。

4.电阻测量采用1.5伏2号电池一节（R×1、R×10、R×100档用）；15伏迭层电池一节（R×10K档专用）。电池装在表底夹层中，与内部零件隔离，换电方便。铝制电池盖板在表底面，板上印有电路图及简要说明。

5.本表外形尺寸为210×160×90毫米；重约2公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-250μA-1-10-100-500mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-10-50-150-250-500-2500V	2KΩ/V	±3	
交流电压	0-10-50-150-250-500-2500V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：10、100、1K、100KΩ		±3	以刻度尺全长的百分数表示
	倍　数：R×1、×10、×100、×10KΩ			
	范　围：0-2-20-200KΩ-20MΩ			
电　平	-10dB-0—+54dB			

2.电容：0.0001μF—1μF。

3.电感：100H—10KH。

4.表头参数：

灵敏度：120微安；　内阻：1500欧姆；　线径：0.03毫米；　圈数：1100匝。

三、电路图

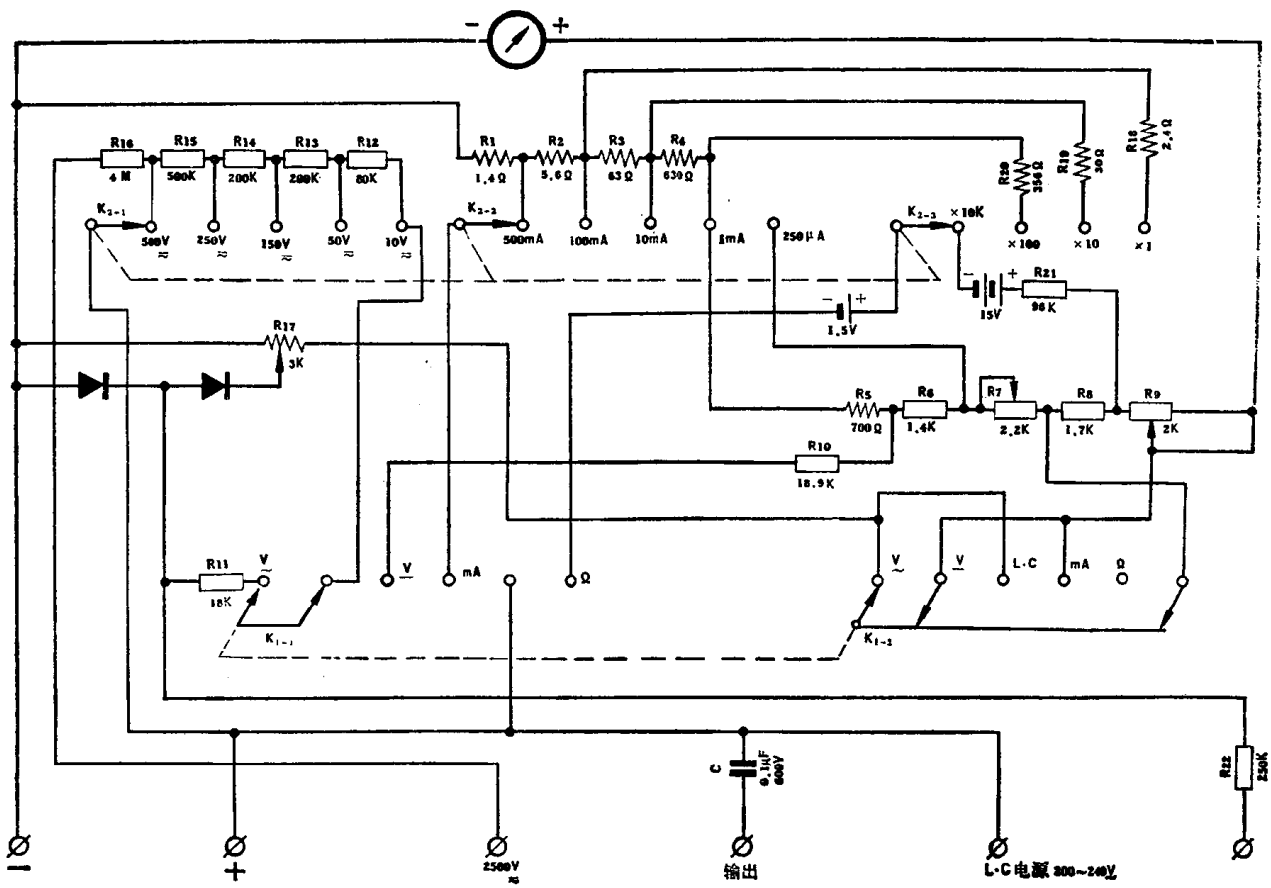


图 5—33.1　508型万用表总电路图

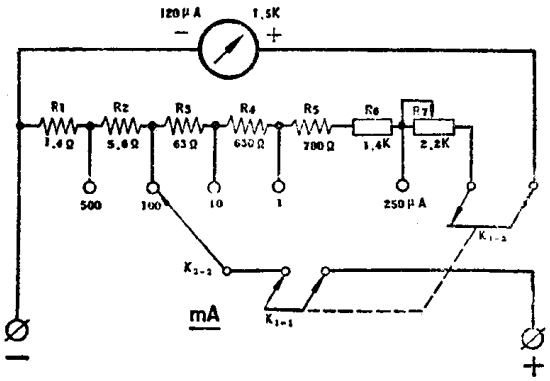


图 5—33.2　直流电流测量电路

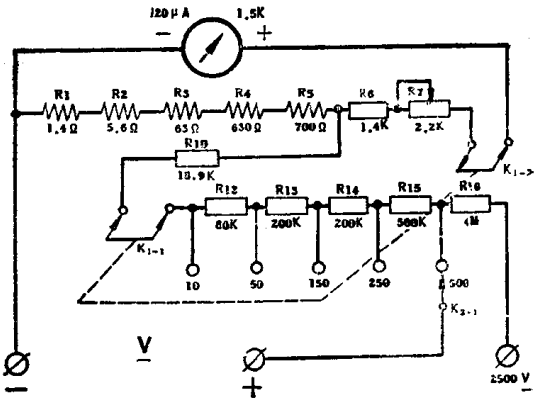


图 5—33.3　直流电压测量电路

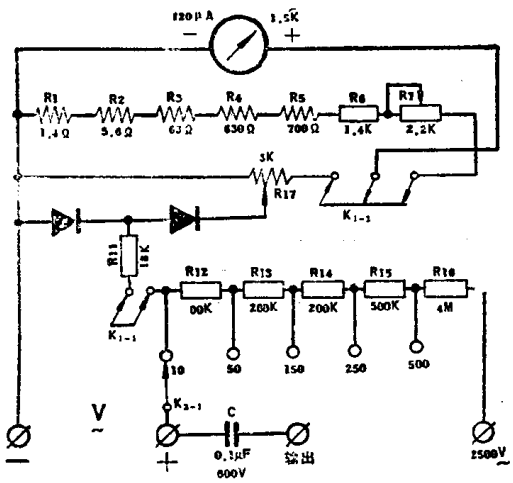


图 5—33.4　交流电压测量电路

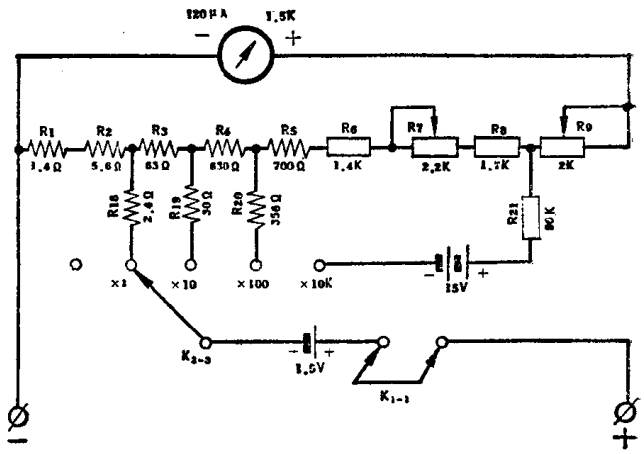


图 5—33.5　电阻测量电路

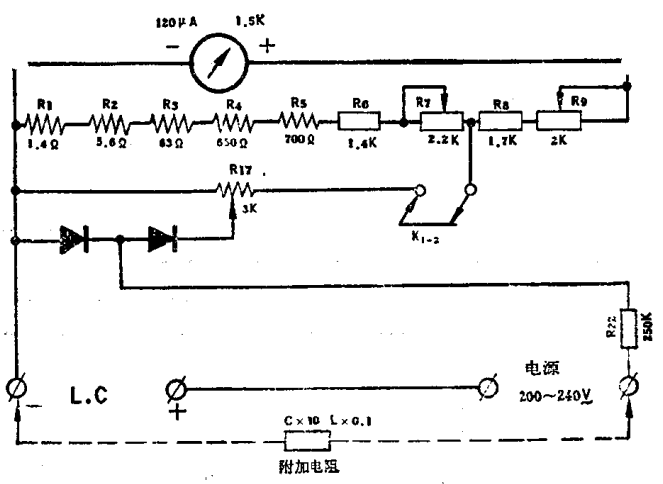


图 5—33.6　电容、电感测量电路

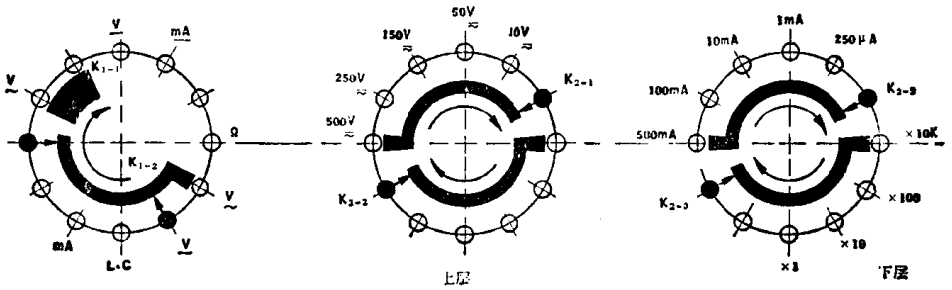


图 5—33.7　测量种类、量程转换开关

508 型 万 用 表 电 元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1.4Ω±0.3%	R_9	炭膜电位器	2KΩ(或5KΩ)±10%	R_{17}	线绕可变电阻	3KΩ
R_2	线绕电阻	5.6Ω±0.3%	R_{10}	炭膜电阻	18.9KΩ±0.5%	R_{18}	线绕电阻	2.4Ω±0.5%
R_3	线绕电阻	63Ω±0.3%	R_{11}	炭膜电阻	18KΩ	R_{19}	线绕电阻	30Ω±0.5%
R_4	线绕电阻	630Ω±0.3%	R_{12}	炭膜电阻	80KΩ±0.5%	R_{20}	线绕电阻	356Ω±0.5%
R_5	线绕电阻	700Ω±0.3%	R_{13}	炭膜电阻	200KΩ±0.5%	R_{21}	炭膜电阻	6KΩ±0.8%
R_6	炭膜电阻	1.4KΩ±0.5%	R_{14}	炭膜电阻	200KΩ±0.5%	R_{22}	炭膜电阻	250KΩ±0.8%
R_7	炭膜电阻	2.2KΩ	R_{15}	炭膜电阻	500KΩ±0.5%	C	纸质电容器	0.1μF、600V
R_8	炭膜电阻	1.7KΩ±1%	R_{16}	炭膜电阻	4MΩ±1%			

(34) 581型万用表（结构之一）

（沈阳五一仪电厂）

一、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-50-250μA-1-10-100mA-1-10A		±1	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-25-100-250-1000-2500V	20KΩ/V	±1.5	
交流电流	0-100mA-1-2.5-10A		±2.5	
交流电压	0-2.5-10-25-100-250-1000-2500V	1 KΩ/V	±2.5	
电阻	中心值：20、2K、200KΩ		中央刻度±3 在10%—90%的刻度弧长范围内≤±10	以刻度尺全长的百分数表示
	倍　数：R ＋100、×1、×100			
	范围：0-2KΩ-200KΩ-20MΩ-200MΩ			

2.分贝刻度：－15dB—0—＋15dB

3.表头参数：

灵敏度：37.5微安；

内　阻：3333欧姆；

线　径：0.03毫米；

圈　数：1500匝。

4.体积：190×170×110毫米

5.重量：约2.6公斤

二、电路图

交流转换开关凸轮工作情况

外凸轮									内凸轮					
小电阻 Ω+100及Ω			所有交流量程			所有其他位置			绝缘及 Ω×100		Ω+100		所有其他位置	
ab	ac	de	ab	ac	de	ab	ac	de	fg	hj	fg	hj	fg	hj
断开	断开	断开	接通	断开	接通	接通	断开	断开	断开	断开	接通	接通	接通	断开

直流转换开关凸轮工作情况

电阻位置			交流位置			所有其他位置		
[illegible]	KL	mn	op	KL	mn	op	KL	mn
接通	接通	接通	断开	断开	断开	接通	断开	断开

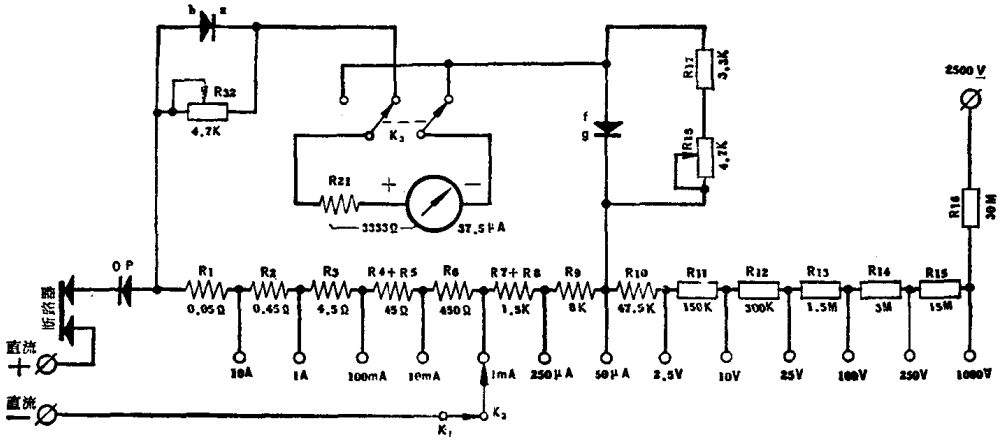


图 5 —34.2　直流电流、电压测量电路

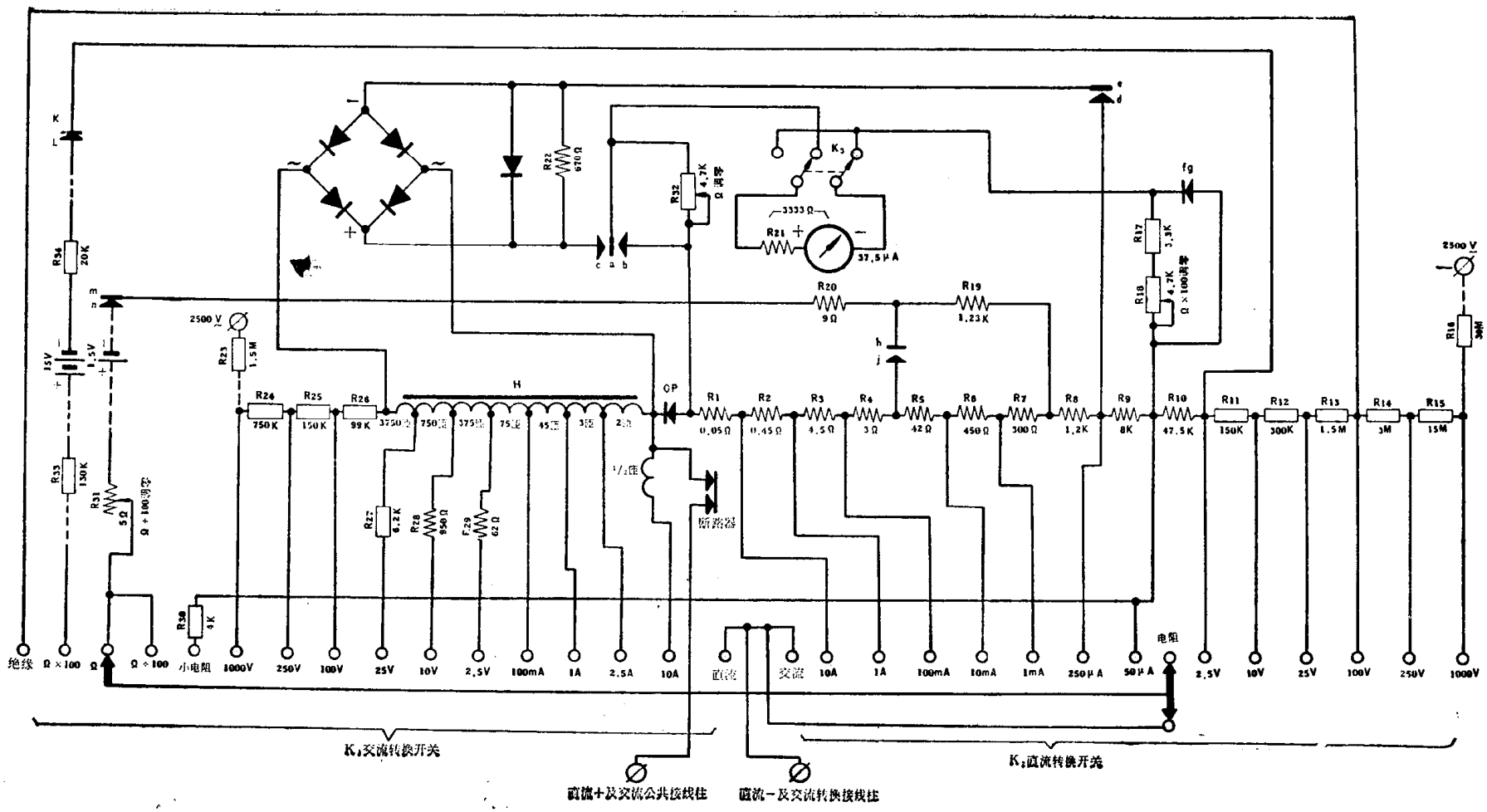


图 5 —34.1　581型万用表（结构之一）总电路图

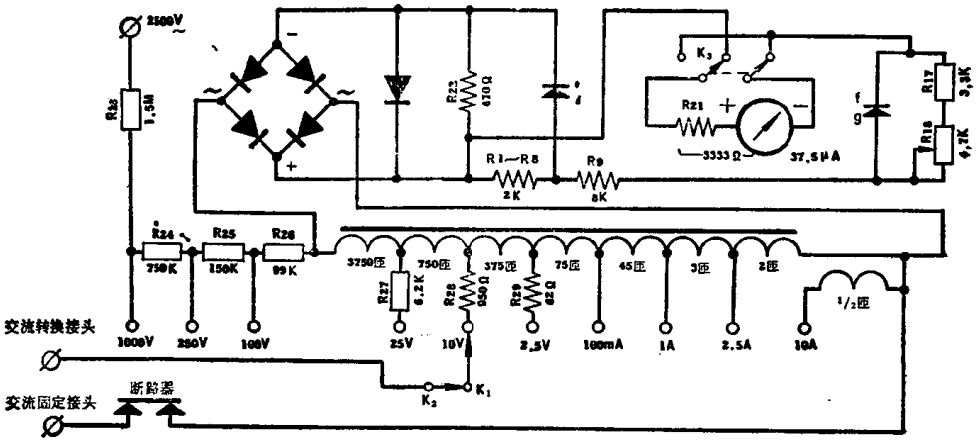


图 5—34.3　交流电流、电压测量电路

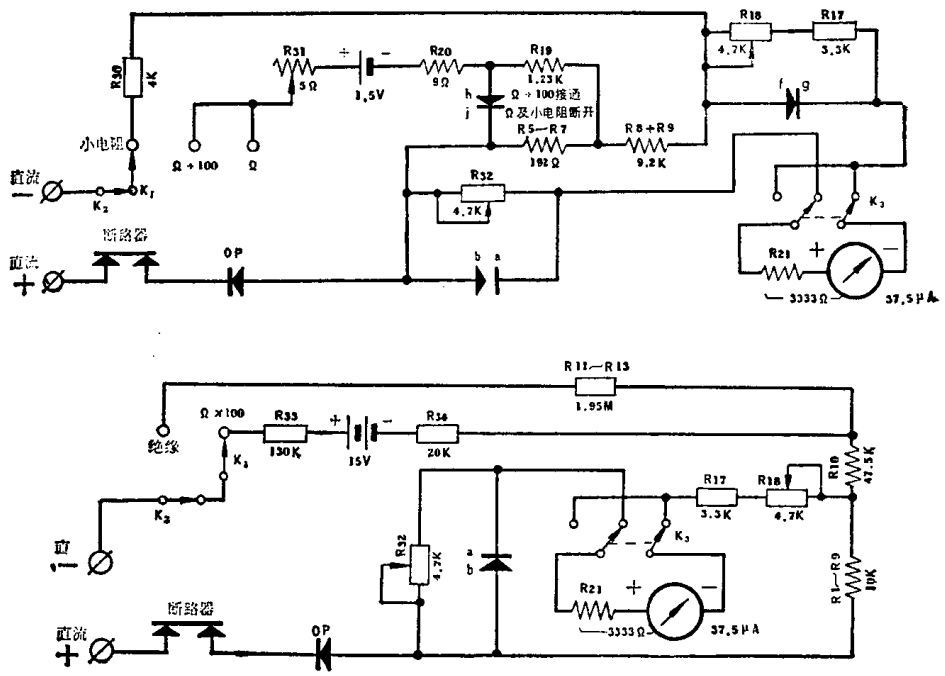


图 5—34.4　电阻测量电路

(35) 581型万用表（结构之二）

一、581型万用表（结构之二）的技术性能，完全和581型万用表（结构之一）相同。其结构上的不同之处有：

1.小电阻测量电路，取消R30改为蜂鸣器，并在交流转换开关外凸轮接点增加供小电阻档工作的4、5两个接点（工作情况见图 5—35注表）。

2.取消保护二极管和极性转换开关。

3.在体积和结构上作了某些改变。

二、电路图

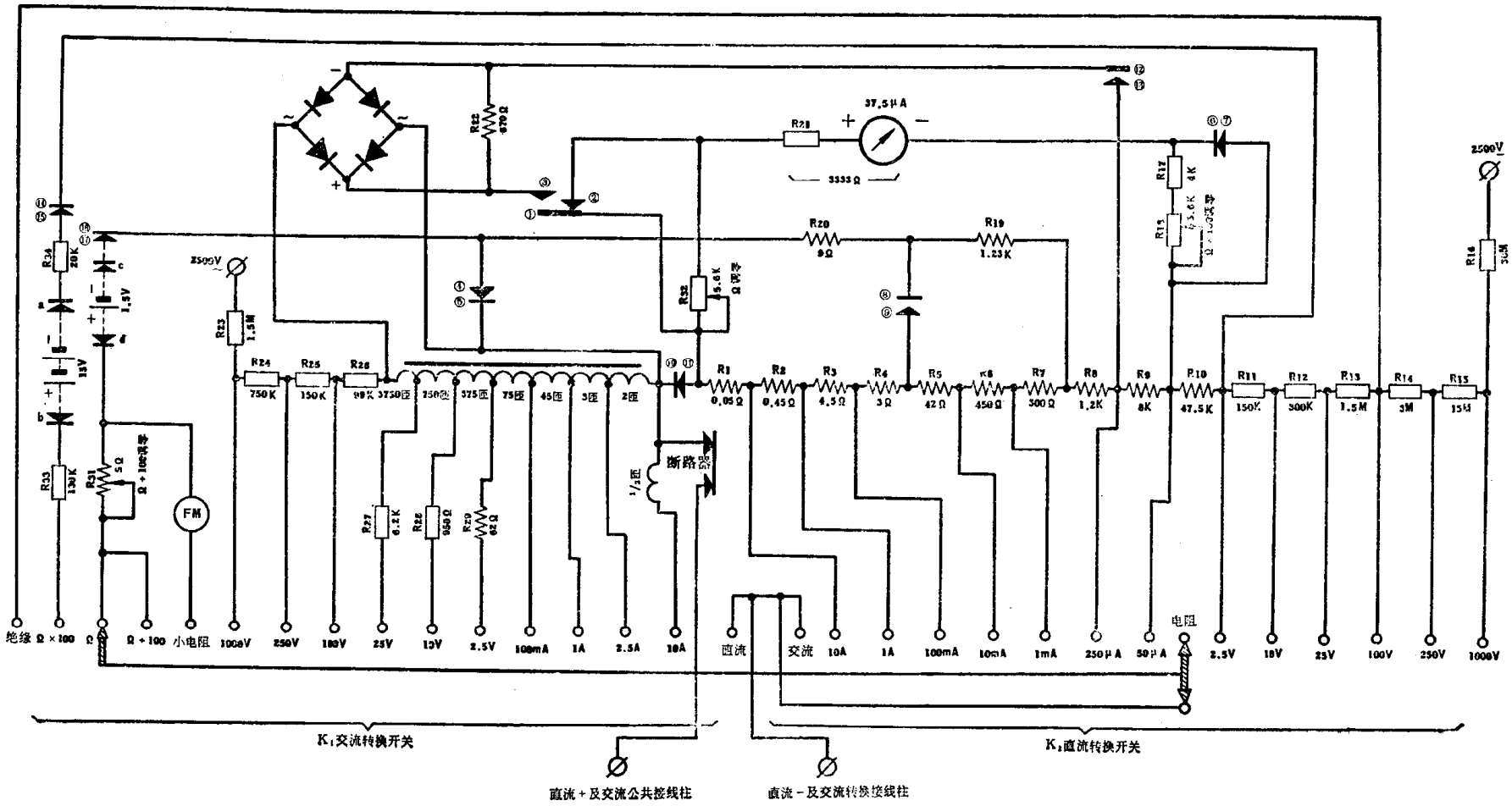


图 5—35 581型万用表（结构之二）总电路图

交流转换开关凸轮工作情况

外凸轮												内凸轮					
小电阻			Ω及Ω÷100			所有交流量程			所有其他位置			绝缘及Ω×100		Ω÷100		所有其他位置	
1.2	1.3	4.5	1.2	1.3	4.5	1.2	1.3	4.5	1.2	1.3	4.5	6.7	8.9	6.7	8.9	6.7	8.9
断开	断开	接通	断开	断开	断开	接通	接通	断开	接通	断开	断开	断开	断开	接通	接通	接通	断开

直流转换开关凸轮工作情况

电阻位置				交流位置				所有其他位置			
10.11	12.13	14.15	16.17	10.11	12.13	14.15	16.17	10.11	12.13	14.15	16.17
接通	断开	接通	接通	断开	接通	断开	断开	接通	断开	断开	断开

(36) 62-1型 用 万 表

一、用途和构造

1. 62—1型万用表共有二十七档量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻及音频电平。

2. 仪表装于木制外壳内，有盒盖及皮提手，便于携带。木壳底面有二夹层，一放表棒，一放电池。仪表面板为铁制，上装转换开关二只，电位器一只，插孔五只（+、-、DB、+2500～、-2500～），2500V按钮一只。转换开关及电位器各配胶木旋钮一只。

3. 表头系方型118×105毫米磁电式，正下方装有指针调零器。

4. 电阻档采用1.5伏1号电池一节（R×1、R×10、R×100档用）；15伏迭层电池一节（R×1K、R×10K档用）。电池装在表底夹层内，换电方便。

5. 本表外形尺寸为230×185×145毫米；重约2公斤。

二、主要技术性能

1. 测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-100μA-1-10-100-500mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-1000V	5KΩ/V	±3	
交流电压	0-10-50-250-500-1000V	2KΩ/V	±4	

电阻	中心值：12、120Ω、1.2、12、120KΩ 倍数：R×1、×10、×100、×1K、×10K 范围：0-2-20-200KΩ-2-20MΩ		±10	以被测值的百分数表示
电　平	-10dB—+55dB			

2. 表头参数：

灵敏度：60微安；

内阻：1800欧姆。

62—1 型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1.6Ω	R_{13}	炭膜电阻	10KΩ	R_{24}	炭膜电阻	500KΩ
R_2	线绕电阻	6.4Ω	R_{14}	炭膜电阻	37.5KΩ	R_{25}	炭膜电阻	1MΩ
R_3	线绕电阻	72Ω	R_{15}	炭膜电阻	200KΩ	R_{26}	线绕电阻	1.45KΩ
R_4	线绕电阻	720Ω	R_{16}	炭膜电阻	1MΩ	R_{27}	可变线绕电阻	全部600Ω
R_5	线绕电阻	800Ω	R_{17}	炭膜电阻	3.75MΩ	R_{28}	线绕电阻	11.5Ω
R_6	线绕电阻	2.4KΩ	R_{18}	炭膜电阻	2.5MΩ	R_{29}	线绕电阻	115Ω
R_7	炭膜电阻	2.4KΩ	R_{19}	炭膜电阻	2.5MΩ	R_{30}	线绕电阻	1.27KΩ
R_8	炭膜电位器	850Ω	R_{20}	可变线绕电阻	全部1.15KΩ	R_{31}	炭膜电阻	110KΩ
R_9	线绕电阻	570Ω	R_{21}	炭膜电阻	16KΩ	R_{32}	炭膜电阻	11KΩ
R_{10}	可变线绕电阻	全部1KΩ	R'_{21}	炭膜电阻	200KΩ	C	纸质电容器	0.05μF
R_{11}	炭膜电阻	10KΩ	R_{22}	炭膜电阻	80KΩ			
R_{12}	可变线绕电阻	全部1KΩ	R_{23}	炭膜电阻	400KΩ			

三、电路图

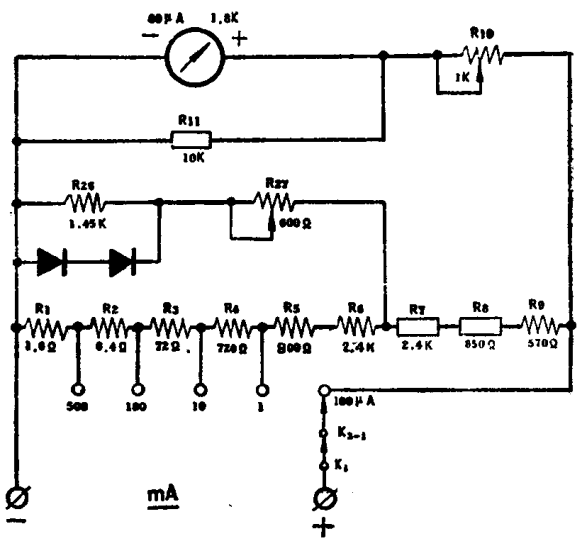


图 5—36.2 直流电流测量电路

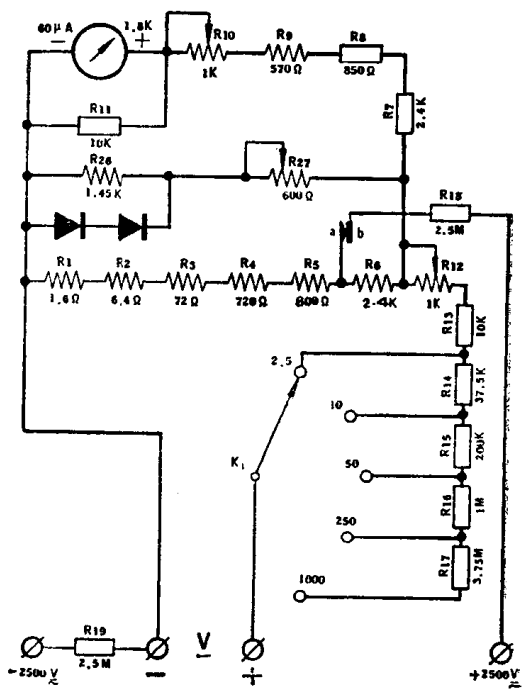


图 5—36.3 直流电压测量电路

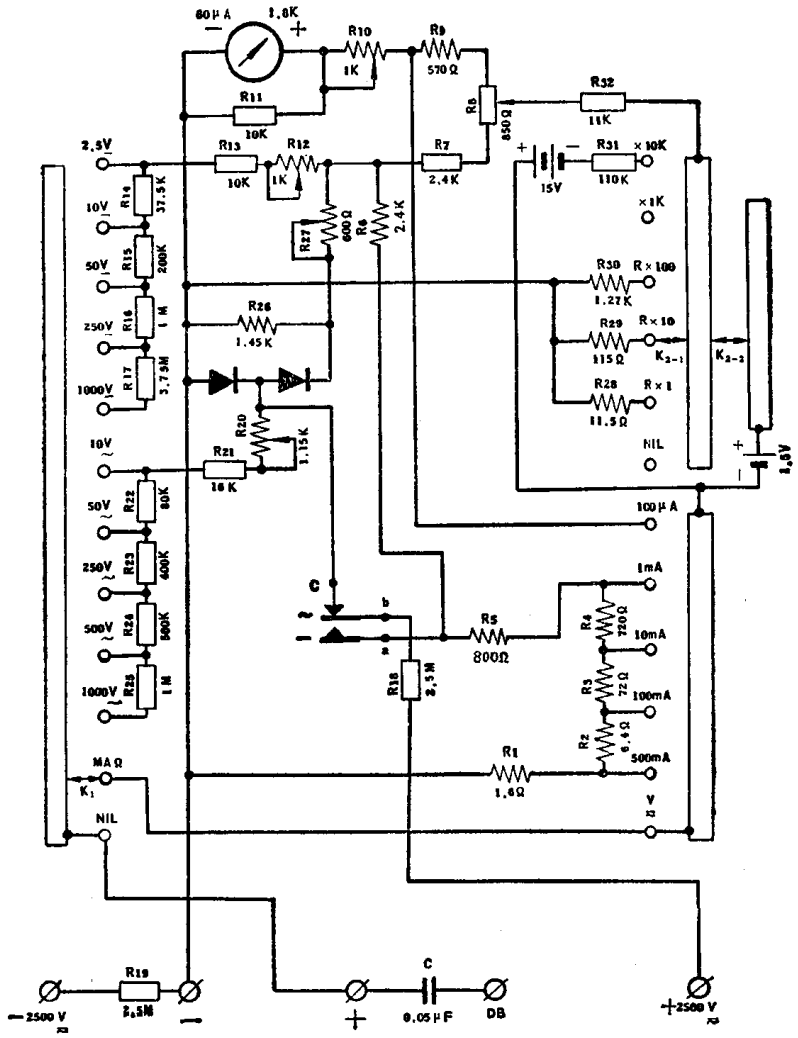


图 5—36.1　62—1 型万用表总电路图

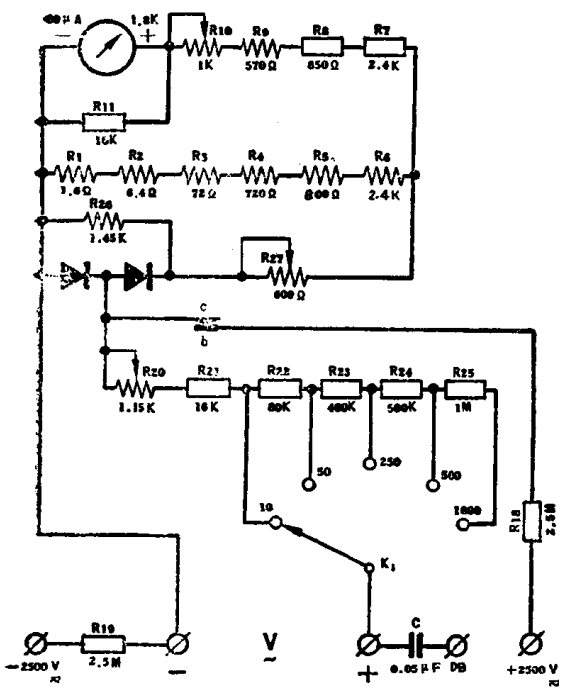


图 5—36.4　交流电压测量电路

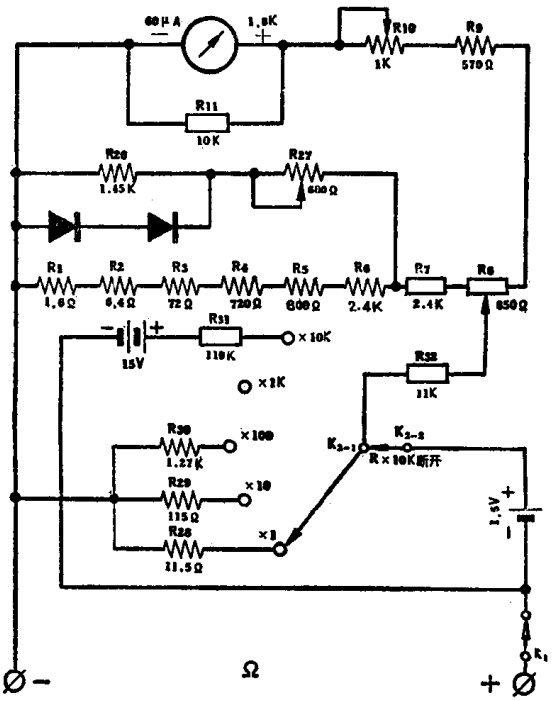


图 5—36.5　电阻测量电路

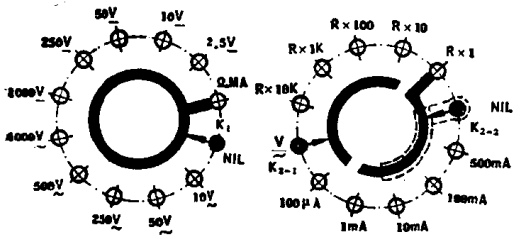


图 5—36.6　测量种类、量程转换开关

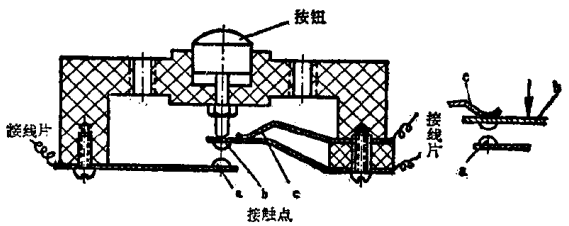


图 5—36.7　按钮结构图

(37) 832型袖珍万用表

（华东邮电器材厂）

一. 用途和构造

1. 832型袖珍万用表共有十一档量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻等。

2. 外壳用黑色胶木制成。面板上装有转换开关一只、零欧姆调整器一只、插孔二只（“+”、“-”），转换开关及调整器各配胶木圆形旋钮一只。壳内底部贴有电路图。

3. 电阻档采用1.5伏5号电池一节，卡在壳内表头上方。

4. 本表外形尺寸为120×70×30毫米；重约0.25公斤。

二、主要技术性能

1. 测量范围：

直流电流：0 -25-250mA；

直流电压：0 -10-50-250-1000V；5128Ω/V

交流电压：0 -15-150-750V；1770Ω/V

电　　阻：中心值60、6KΩ；

倍数R×1、×100；

范围0 -10KΩ- 1MΩ。

2. 表头参数：

灵敏度：165微安；

内　阻：500欧姆；

832 型 袖 珍 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	炭膜电阻	1.06MΩ	R_7	线绕电阻	120Ω	R_{13}	炭膜电阻	255K
R_2	炭膜电阻	268.6KΩ	R_8	炭膜电阻	4.98KΩ	R_{14}	炭膜电阻	1.024M
R_3	炭膜电阻	25.6KΩ	R_9	线绕电阻	49Ω	R_{15}	炭膜电阻	5.124M
R_4	炭膜电阻	525Ω	R_{10}	电位器	1.25KΩ	R_{16}	线绕电阻	850Ω
R_5	线绕电阻	1Ω	R_{11}	炭膜电阻	1.5K			
R_6	线绕电阻	9Ω	R_{12}	炭膜电阻	50K			

三、电路图

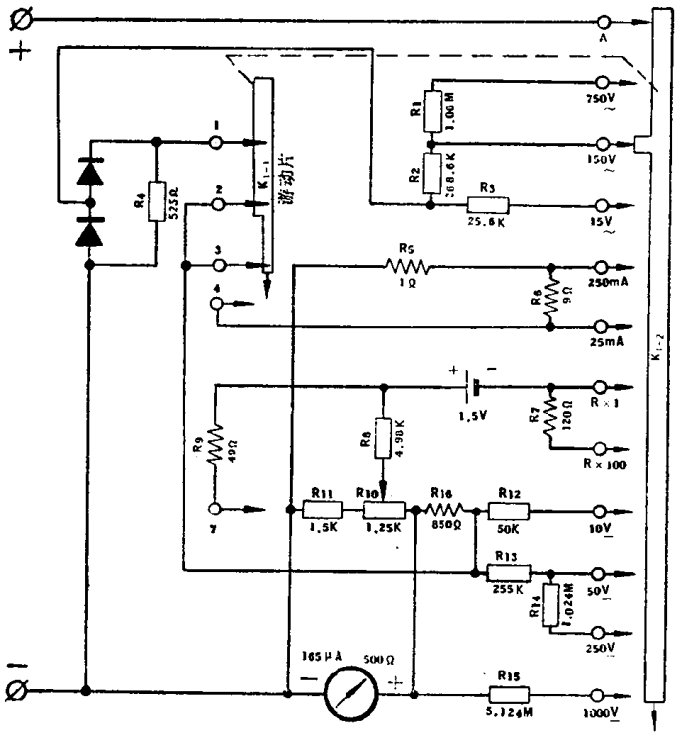


图 5—37.1　832型袖珍万用表总电路图

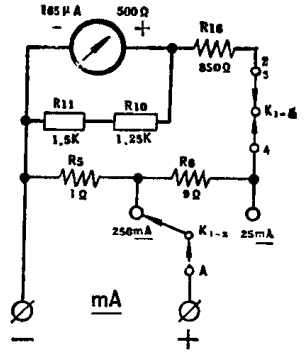


图 5—37.2　直流电流测量电路

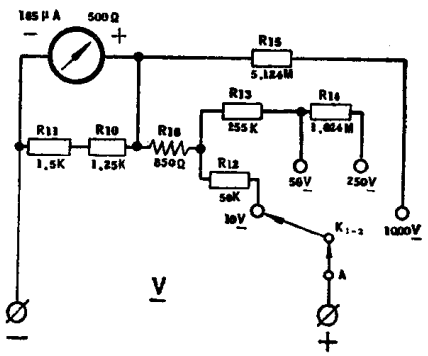


图 5—37.3　直流电压测量电路

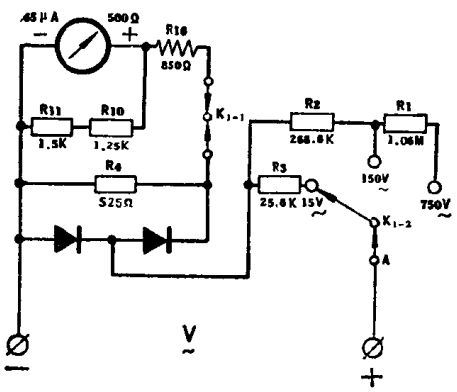


图 5—37.4　交流电压测量电路

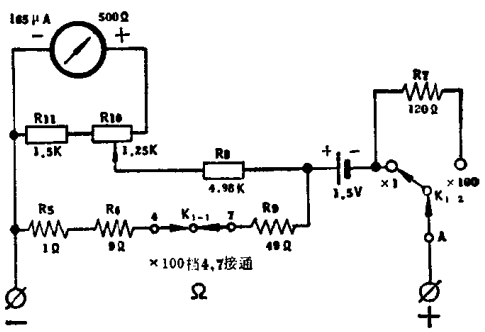


图 5—37.5　电阻测量电路

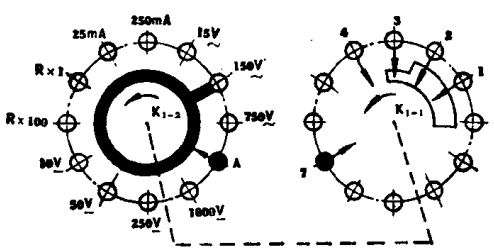


图 5—37.6　测量种类、量程转换开关

(38) 天津袖珍万用表

一、主要技术性能

1. 测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-100μA-1-10-100mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-10-100-250-500-1000 V	10KΩ/V	±3	
交流电压	0-10-100-250-500-1000 V	4 KΩ/V	±4	
电阻	倍数：R×1、×10、×100×1 K		±5	以刻度尺全长的百分数表示
	范围：0-2-20-200KΩ-2MΩ			
	高阻欧姆刻度：0.5—100MΩ 用250V档测量			
电平	-10dB—0—+62dB			
电容	0.0001μF—0.05μF 0.01μF—0.5μF			
电感	5—1000H			

2. 表头参数：

灵敏度：70微安；

内　阻：920欧姆。

3. 体积：140×90×50毫米；

4. 重量：约0.7公斤。

二、电路图

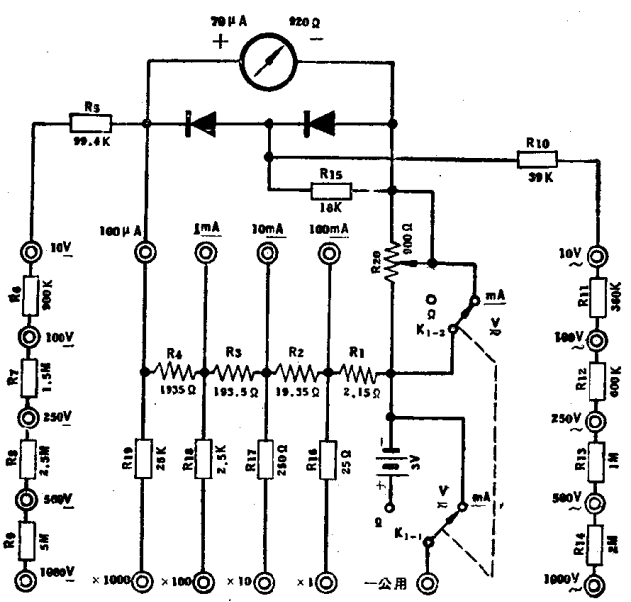


图 5—38.1　天津袖珍万用表总电路图

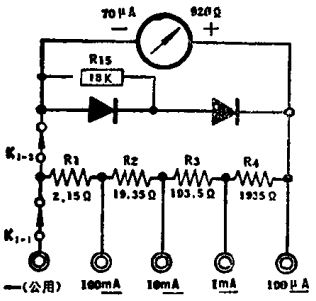


图 5—38.2　直流电流测量电路

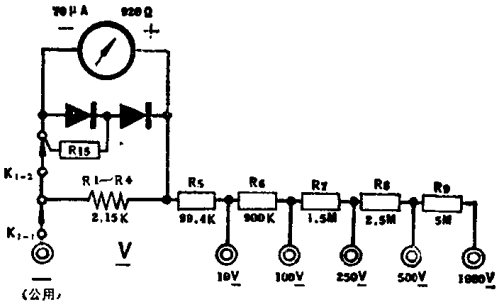


图 5—38.3　直流电压测量电路

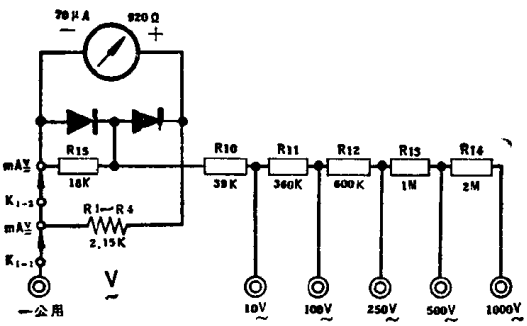


图 5—38.4　交流电压测量电路

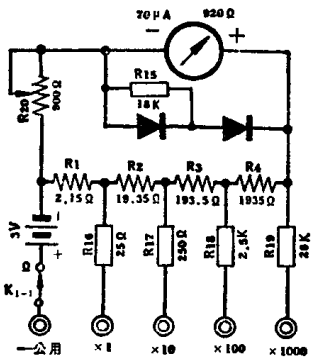


图 5—38.5　电阻测量电路

(39) G-63型　万　用　表

一、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-1-10-100-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500-2500 V	5KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-250-500-2500 V	5KΩ/V	± 4	
电　阻	R×1、×100、×1K、×10KΩ		±2.5	以刻度尺工作部分（20—80%）的百分数表示

2.分贝刻度：－10dB—0—＋22dB

取＞0.1μF电容一只，接于“＋”或“－”上后，在交压位置上测量(～10V为起步档)。

3.表头参数：灵敏度：70微安；内阻：1500欧姆。

4.体积：240×165×85毫米。

5.重量：1.5公斤。

二、电路图

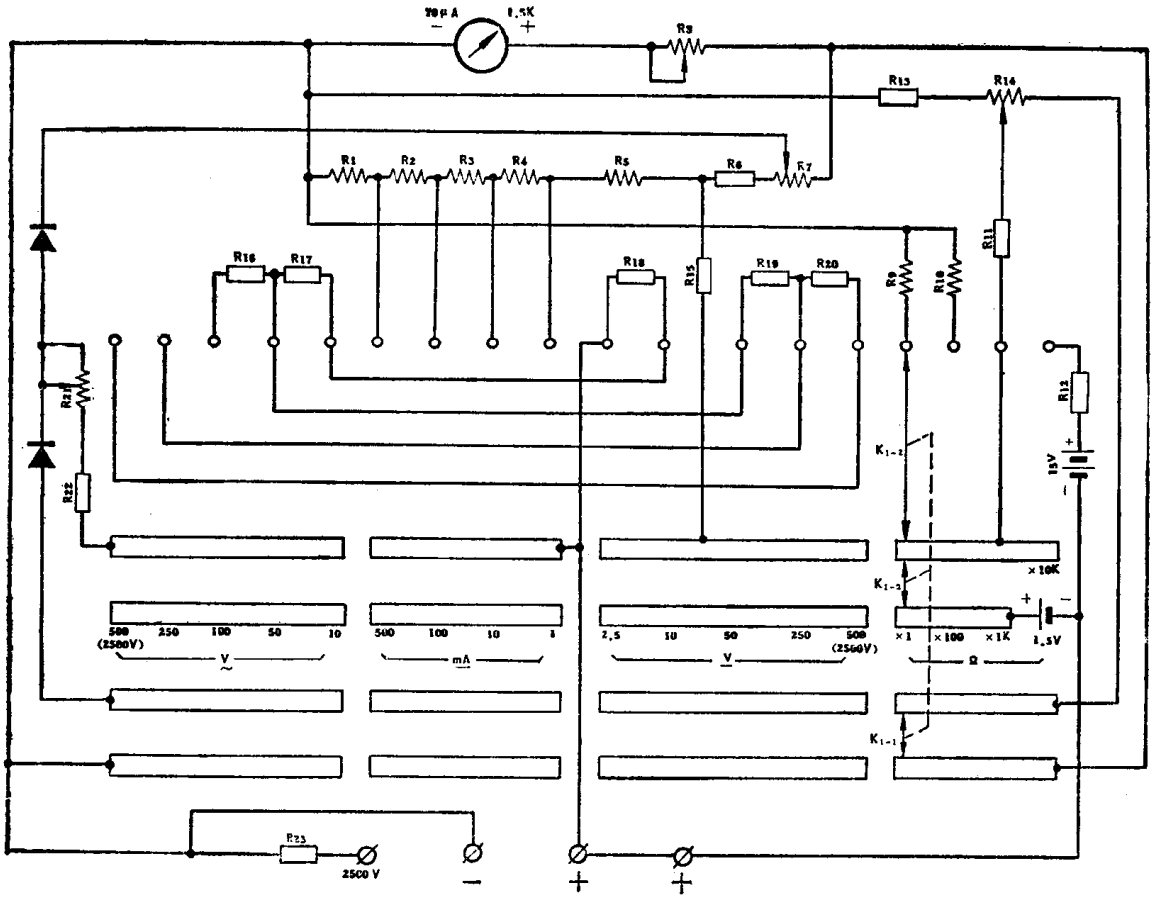


图 5 —39.1　G—63型万用表总电路图

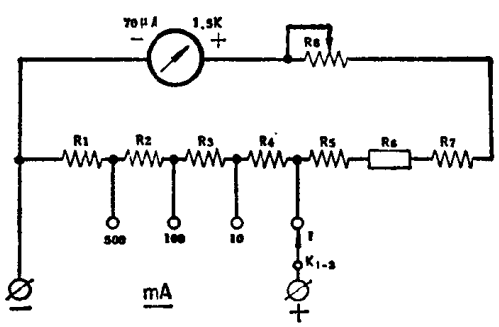


图 5 —39.2　直流电流测量电路

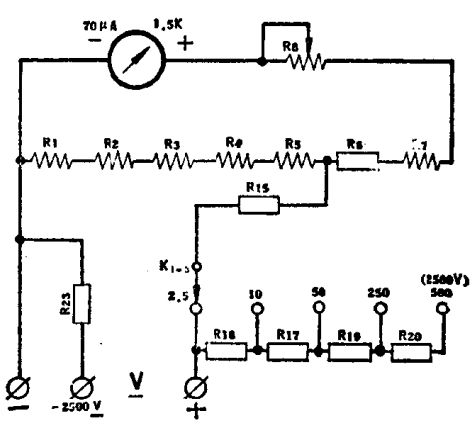


图 5 —39.3　直流电压测量电路

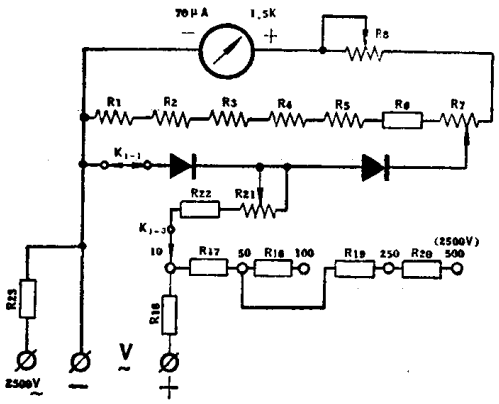


图 5 —39.4　交流电压测量电路

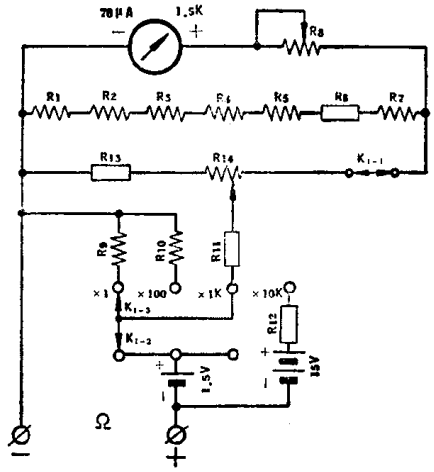


图 5 —39.5　电阻测量电路

G-63 型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名　　称	规　范	代号	名　　称	规　范
R_1	线 绕 电 阻	1Ω	R_{18}	炭 膜 电 阻	5.1K
R_2	线 绕 电 阻	4Ω	R_{14}	线绕可变电阻	1.8K
R_3	线 绕 电 阻	45Ω	R_{15}	炭 膜 电 阻	10.6K
R_4	线 绕 电 阻	450Ω	R_{16}	炭 膜 电 阻	250K
R_5	线 绕 电 阻	2.25K	R_{17}	炭 膜 电 阻	200K
R_6	炭 膜 电 阻	3.6K	R_{18}	炭 膜 电 阻	375K
R_7	线绕可变电阻	400Ω	R_{19}	炭 膜 电 阻	1MΩ
R_8	线绕可变电阻	500Ω	R_{20}	炭 膜 电 阻	1.25MΩ
R_9	线 绕 电 阻	120Ω	R_{21}	线绕可变电阻	1K
R_{10}	线 绕 电 阻	1350Ω	R_{22}	炭 膜 电 阻	8.5K
R_{11}	炭 膜 电 阻	10K	R_{23}	炭 膜 电 阻	10MΩ
R_{12}	炭 膜 电 阻	106K			

注：本表的电阻数据与理论数据不符，仅供参考。

(40) MF3型　万　用　表

（阿城仪器厂）

一、用途和构造

1.MF 3 型万用表原型号为U—11型，共有十二档量程，可以测量直流电流、直流电压、

交流电压和直流电阻。

2.仪表外壳用黑色胶木制成。面板上装有零欧姆调整器一只、插孔十个。其中“*”为直流、电阻测量公用端；“～”为交流电压测量公用端。

3.电阻测量只有一档，采用1.5伏电池一节。

4.外形尺寸为200×170×115毫米。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-15-75-300mA		±4	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-15-75-300-750V	1K/V	±4	
交流电压	0-15-75-300-750V	1K/V	±5	
电阻	R×1K		±10	以被测值的百分数表示

2.表头参数：

灵敏度：250微安；

内阻：500欧姆。

三、电路图

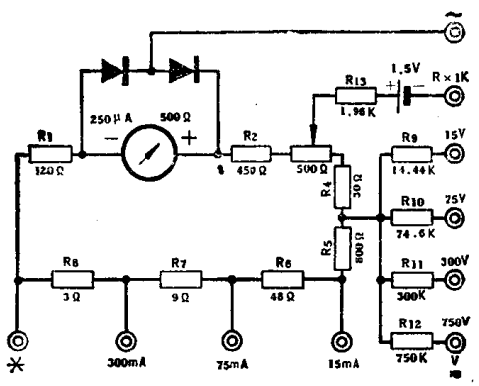


图5—40 MF—3型万用表总电路图

(41)MF4-1、MF4型万用表

（北京第一无线电器材厂）

一、用途和构造

1. MF 4—1型万用表共有十八档量程，可以测量直流电流、交直流电压和直流电阻。

2.仪表外壳采用酚醛塑料压制，具有良好的机械强度和电气绝缘性能。面板上有十九个插孔。公用插孔为“—”，其它插孔分别用来测量各档的电流、电压和电阻。有测量种类转换开关一个和零欧姆调整器一个。

3.采用1.5伏4号L型电池一节（R×1、R×10、R×100档用）；6伏迭层式电池一

节（与1.5伏电池一同用于R×1K档）。

4.外形尺寸为215×110×70毫米。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-0.2-1-5-20-100-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-10-50-250-1000V	5KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-250-1000V	2.96K/V	±4	
电阻	中心值：20、200Ω、2K、20KΩ		±10	以被测值的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100、×1K			
	范围：0-2-20-200KΩ-2MΩ			

2.表头参数：

灵敏度：150微安；

内　阻：<800欧姆（MF 4型为1500欧姆）；

线　径：0.03毫米；

圈　数：660.5（MF 4型为1250匝）；

游　丝：

力　矩：21毫克·厘米/90°；

内　径：3.9毫米；

外　径：7.6毫米。

三、电路图

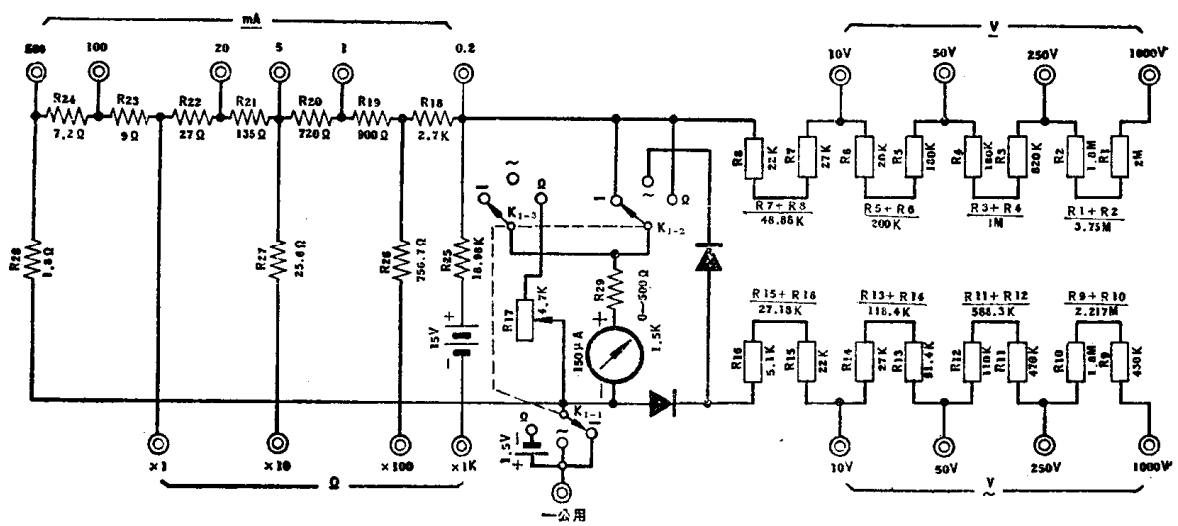


图5—41.1　MF—4型万用表总电路图

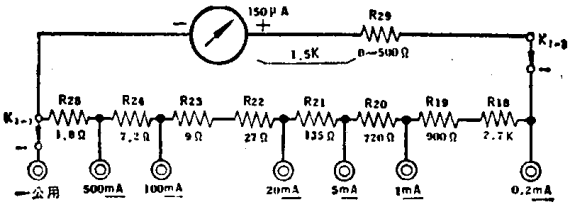


图 5—41.2　直流电流测量电路

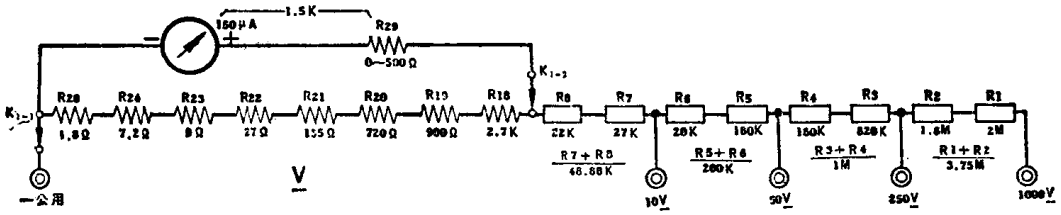


图 5—41.3　直流电压测量电路

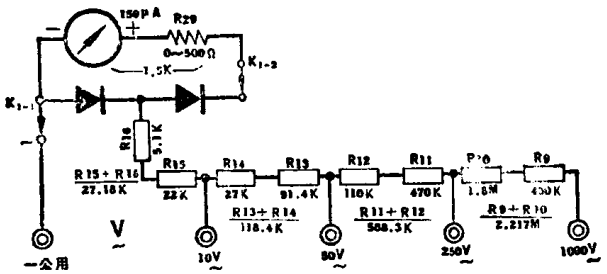


图 5—41.4　交流电压测量电路

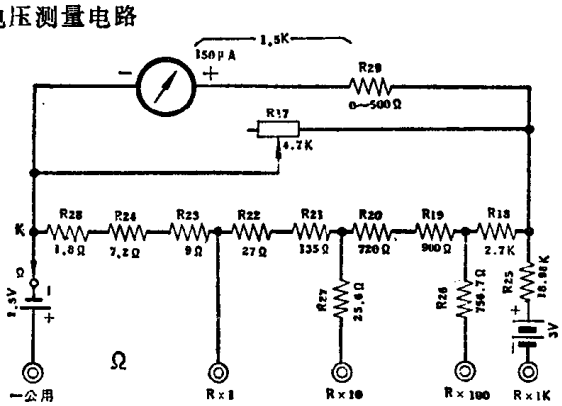


图 5—41.5　电阻测量电路

MF4—1 型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	炭膜电阻	2MΩ	R_{13}	炭膜电阻	91.4KΩ
R_2	炭膜电阻	1.75MΩ	R_{11}	炭膜电阻	27KΩ
R_3	炭膜电阻	820KΩ	R_{15}	炭膜电阻	22KΩ
R_4	炭膜电阻	180KΩ	R_{16}	炭膜电阻	5.1KΩ
R_5	炭膜电阻	180KΩ	R_{17}	炭膜电位器	4.7KΩ
R_6	炭膜电阻	20KΩ	R_{18}	线绕电阻	2.7KΩ
R_7	炭膜电阻	27KΩ	R_{19}	线绕电阻	900Ω
R_8	炭膜电阻	22KΩ	R_{20}	线绕电阻	720Ω
R_9	炭膜电阻	430KΩ	R_{21}	线绕电阻	135Ω
R_{10}	炭膜电阻	1.8KΩ	R_{22}	线绕电阻	27Ω
R_{11}	炭膜电阻	470KΩ	R_{23}	线绕电阻	9Ω
R_{12}	炭膜电阻	110KΩ	R_{24}	线绕电阻	7.2Ω

(42) MF5型 万 用 表

（北京第一无线电器材厂）

一、用途和构造

1.MF5型万用表共有二十九档量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、交流电流、电阻和电平。

2.电阻测量采用1.5V电池一个（R×1、R×100档用）和22.5V迭层电池一个（R×10K档用）。

3.外形尺寸为320×230×180毫米；重约8公斤。

4.附有6千伏直流和交流分压器各一个。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-60-300μA-3-30-120mA-1.2-12A		±4	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-3-12-30-300-600-1200-6000V	20KΩ/V(6000V为19840Ω/V)	±4	
交流电流	0.6-3 6-30 24-120mA 0.24-1.2A 2.4-12A		±4	
交流电压	0.6-3 2.4-12 6-30 60-300 120-600 240-1200 1200-6000V	1.8KΩ/V	±4	
电阻	中心值：30Ω、3KΩ、300KΩ 倍数：R×1、×100、×10K 范围：3Ω-0.3KΩ 0.3-30KΩ 0.03-3MΩ		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
电平	—12dB—0—+12dB—+78dB			

2.表头参数

灵敏度：50微安；

内　阻：1700欧姆；

线径：0.025毫米；

圈　数：820匝。

三、电路图

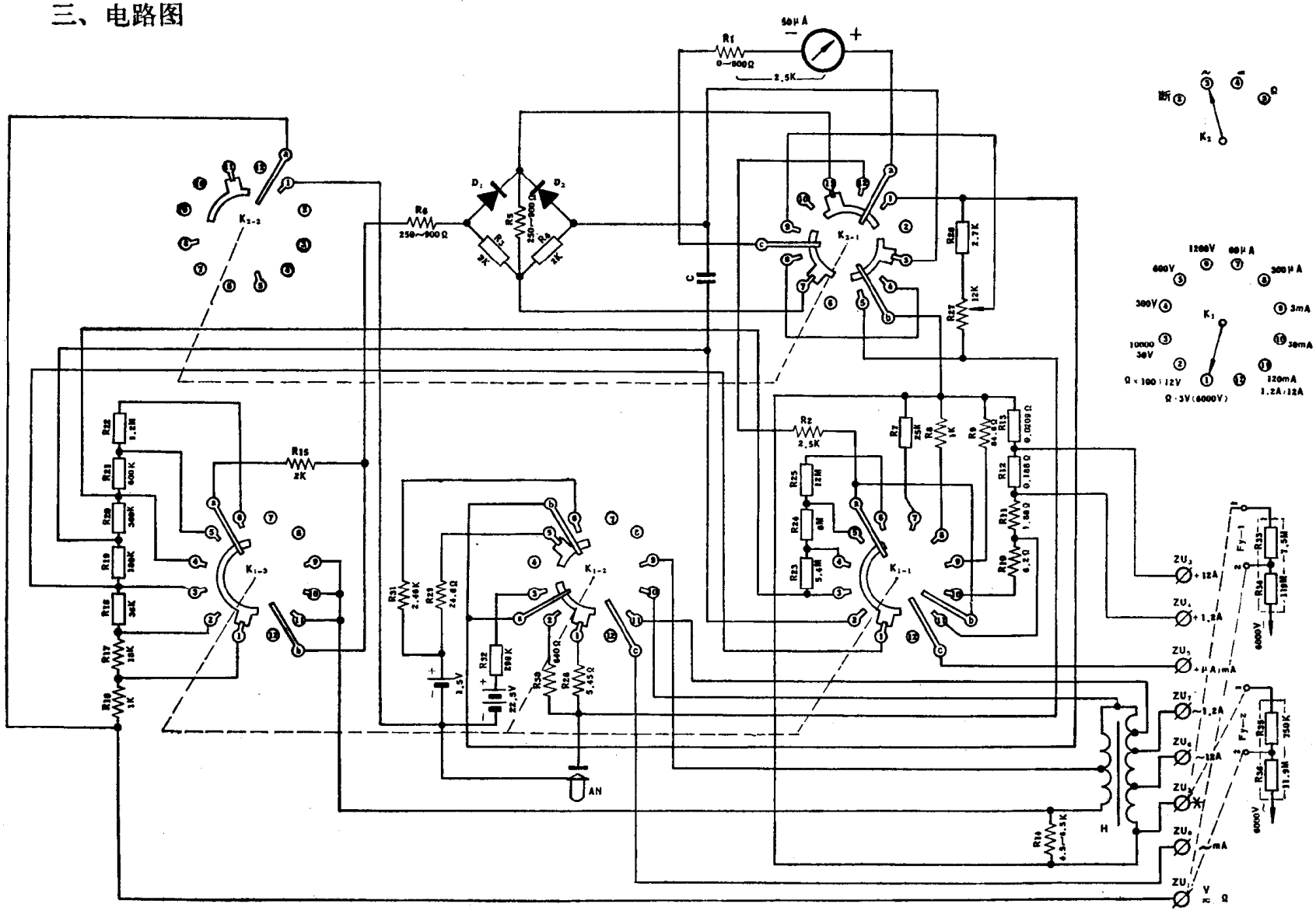


图 5—42.1　MF 5 型万用表总电路图

MF5型 万 用 表 元 件 数 据 表

代 号	名 称	规 格	代 号	名 称	规 格
R_1	线绕电阻	0—800Ω	R_{19}	炭膜电阻	180KΩ
R_2	线绕电阻	2.5KΩ	R_{20}	炭膜电阻	360KΩ
R_3	炭膜电阻	2KΩ	R_{21}	炭膜电阻	600KΩ
R_4	炭膜电阻	2KΩ	R_{22}	炭膜电阻	1.2MΩ
R_5	线绕电阻	250—900Ω	R_{23}	炭膜电阻	5.4MΩ
R_6	线绕电阻	250—900Ω	R_{24}	炭膜电阻	6MΩ
R_7	炭膜电阻	25KΩ	R_{25}	炭膜电阻	12MΩ
R_8	线绕电阻	1KΩ	R_{26}	炭膜电阻	2.7KΩ
R_9	线绕电阻	84.6Ω	R_{27}	电 位 器	12KΩ
R_{10}	线绕电阻	6.2Ω	R_{28}	线绕电阻	5.45Ω
R_{11}	线绕电阻	1.88Ω	R_{29}	线绕电阻	24.6Ω
R_{12}	线绕电阻	0.188Ω	R_{30}	线绕电阻	640Ω
R_{13}	线绕电阻	0.0209Ω	R_{31}	线绕电阻	2.46 K
R_{14}	线绕电阻	4.5—8.5KΩ	R_{32}		
R_{15}	线绕电阻	2KΩ	R_{33}	炭膜电阻	7.5MΩ
R_{16}	线绕电阻	1KΩ	R_{34}	炭膜电阻	119MΩ
R_{17}	线绕电阻	18KΩ	R_{35}	炭膜电阻	750KΩ
R_{18}	炭膜电阻	36KΩ	R_{36}	炭膜电阻	11.9MΩ

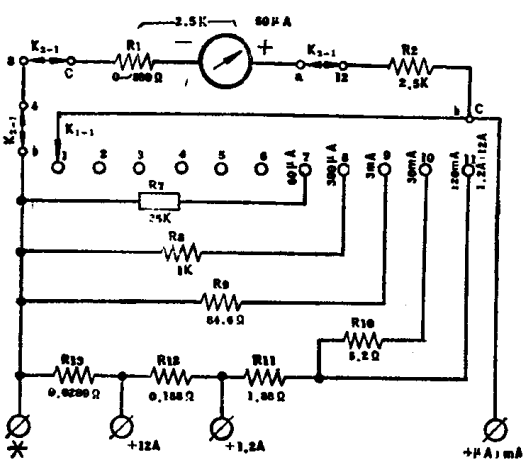


图 5—4.2 直流电流测量电路

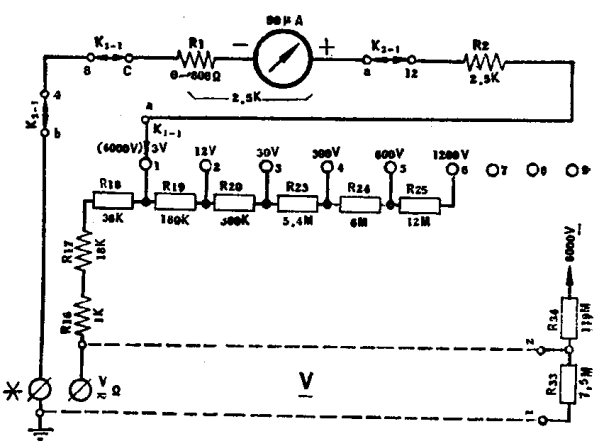


图 5—42.3 直流电压测量电路

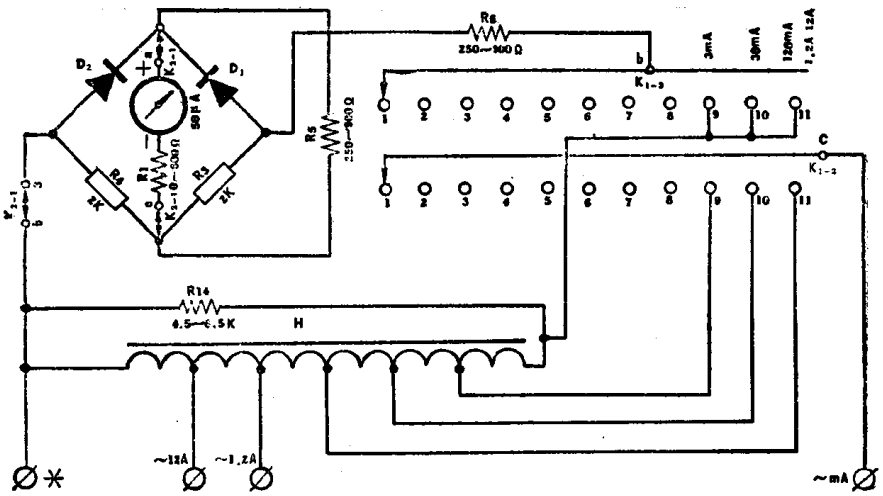


图 5—42.4　交流电流测量电路

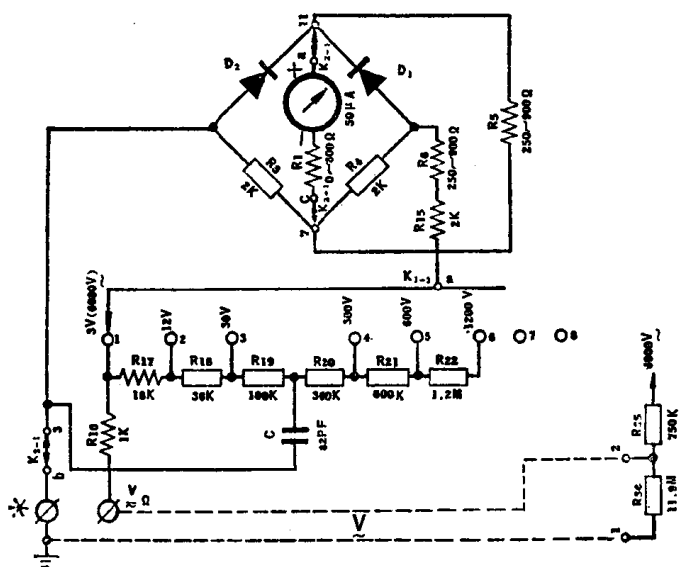


图 5—42.5　交流电压测量电路

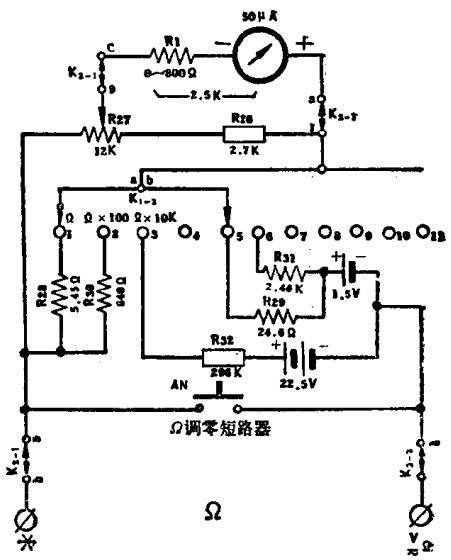


图 5—42.6　电阻测量电路

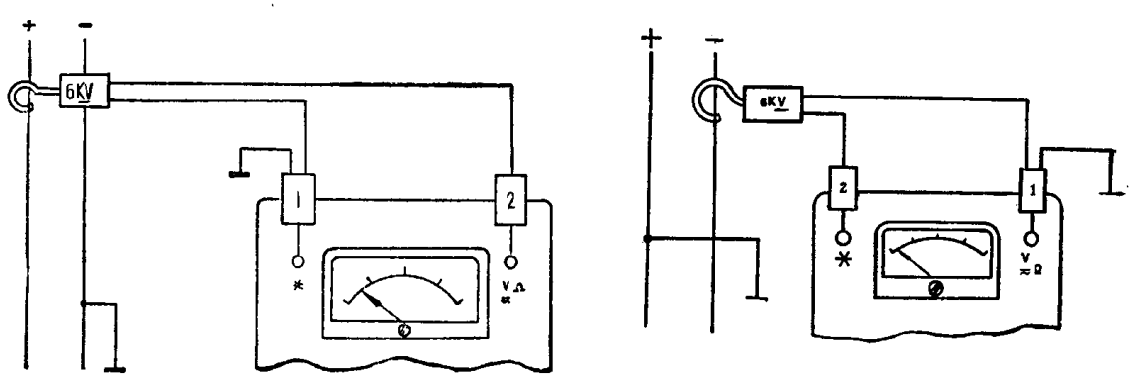


图 5—42.7　6000 V 倍压器联接图

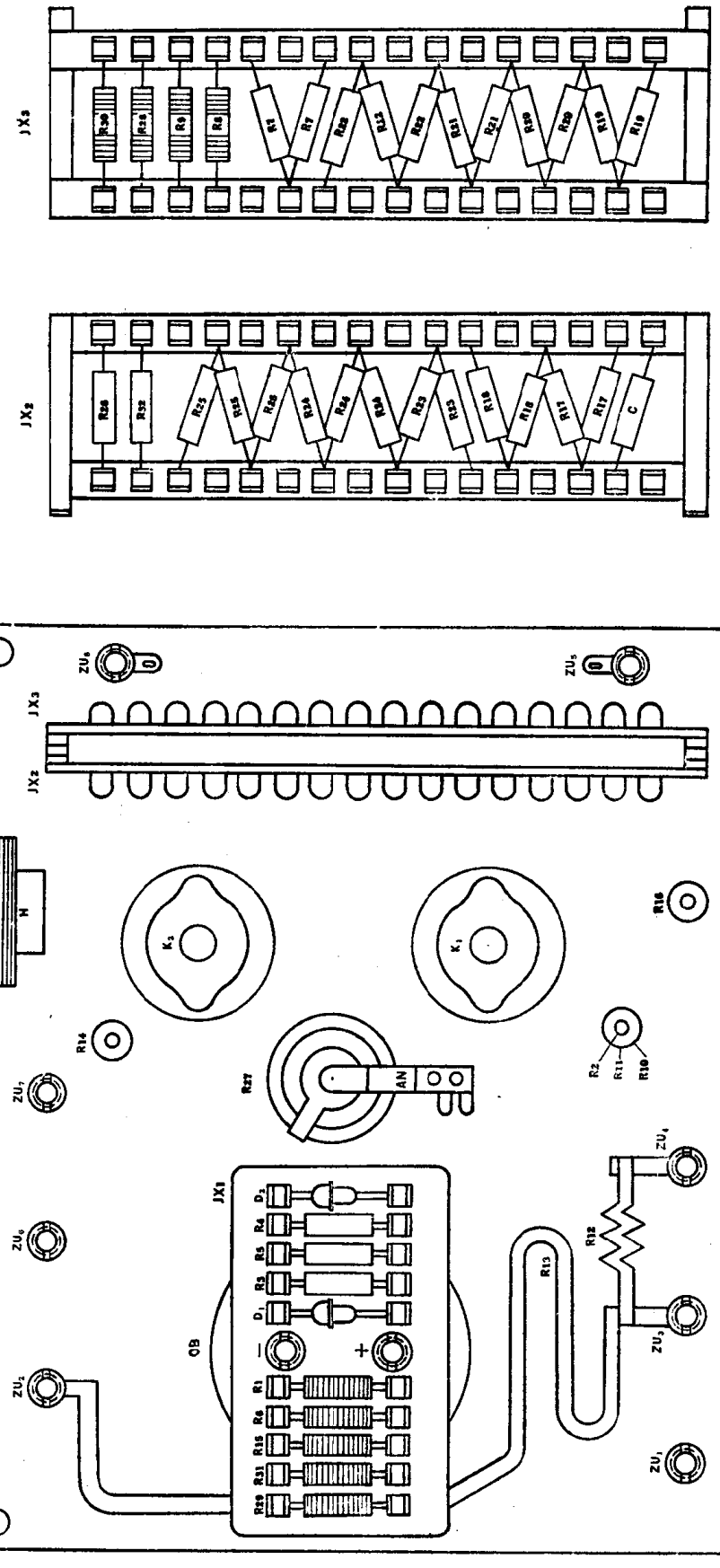


图 5—42.8　电路元件位置图

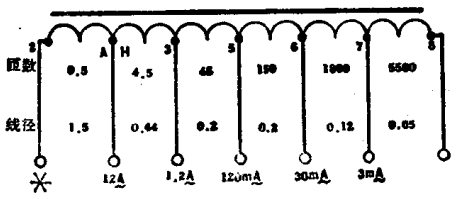


图 5—42.9　互感器原理图

MF5 型 万 用 表 互 感 器 数 据 表

代　号	联　线　端	圈　　数	线　　径	导　　线
1	2—A	0.5	1.5	漆 包 线
2	H—3	4.5	0.64	单丝漆包线
3	3—5	45	0.2	单丝漆包线
4	5—6	150	0.2	漆 包 线
5	6—7	1,800	0.12	漆 包 线
6	7—8	5,500	0.05	漆 包 线

(43) MF5-1型 万 用 表

（北京第一无线电器材厂）

MF 5 — 1 型万用表的性能和结构基本上和MF 5 型相似，只是外形不同。

一、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测　量　范　围		灵 敏 度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-60-300μA-3-30-120mA-1.2-12 A		± 4	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-3-12-30-300-600-1200-6000 V	20KΩ/V	± 4	
交流电流	0-3-30-120mA-1.2-12 A		± 4	
交流电压	0-3-12-30-300-600-1200-6000 V	1.8KΩ/V	± 4	
电阻	中心值：30、3 K、300KΩ 倍数：R ×1、×100、×10 K 范围：3Ω-0.3KΩ、0.3-30KΩ、0.03-3MΩ		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
电　平	-12dB-0-+12dB			

2.表头参数

灵敏度：50微安；　　线径：0.03（0.025）毫米；

内　阻：1000欧(1.6K)；　　圈数：820匝（900.5匝）。

二、电路图

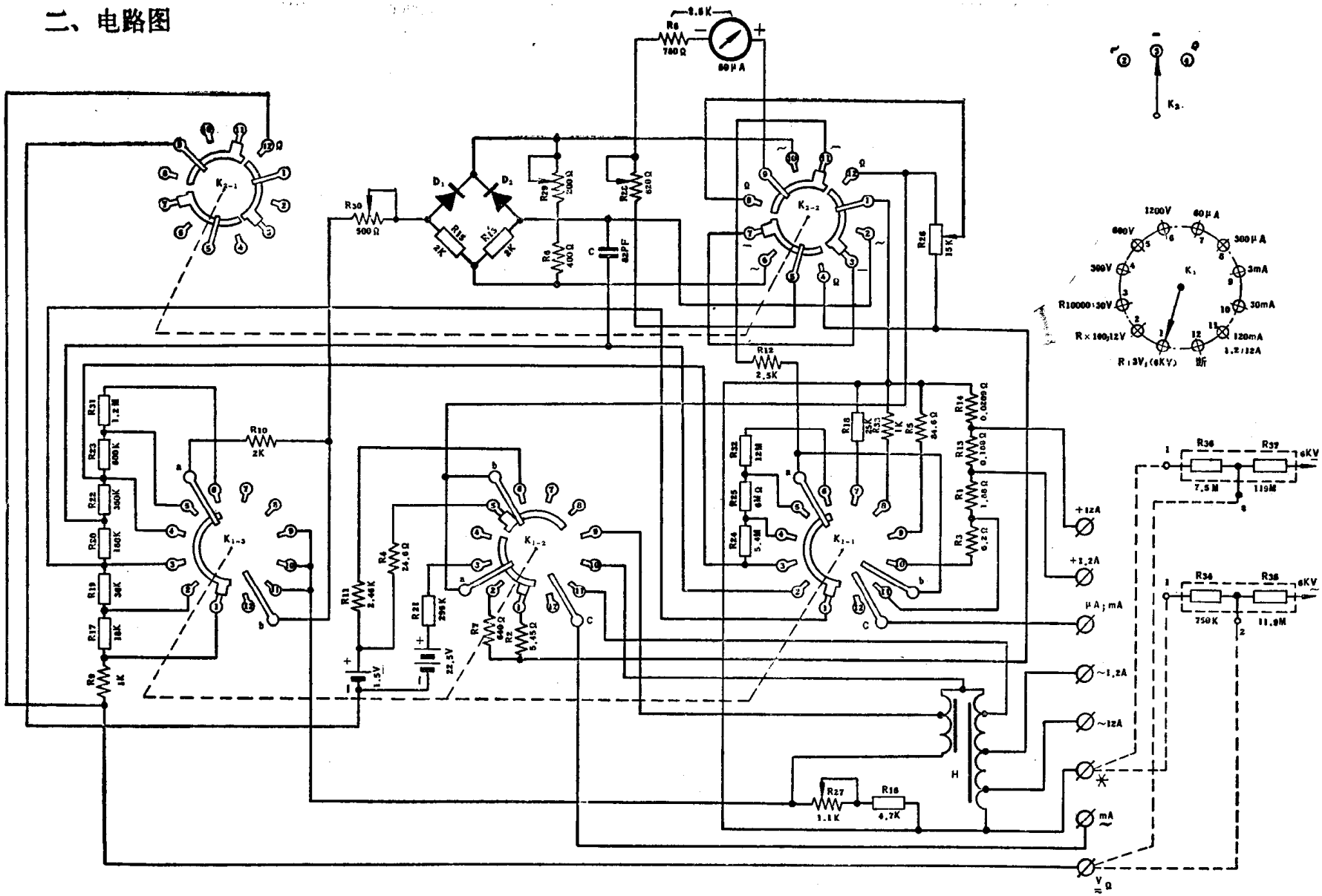


图 5—43.1　MF5-1型万用表总电路图

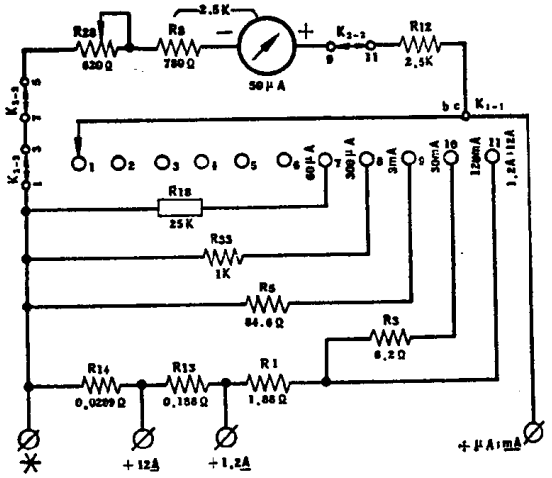


图 5—43.2　直流电流测量电路

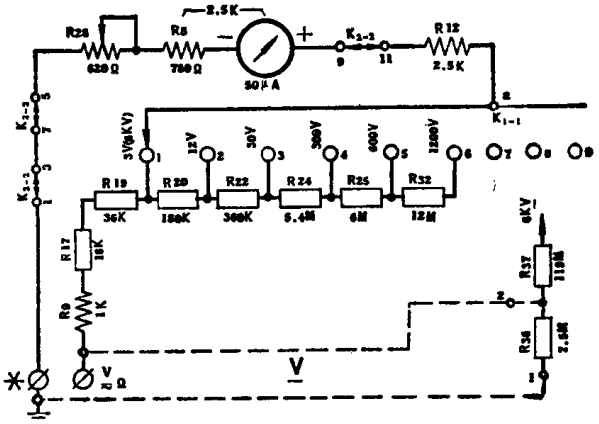


图 5—43.3　直流电压测量电路

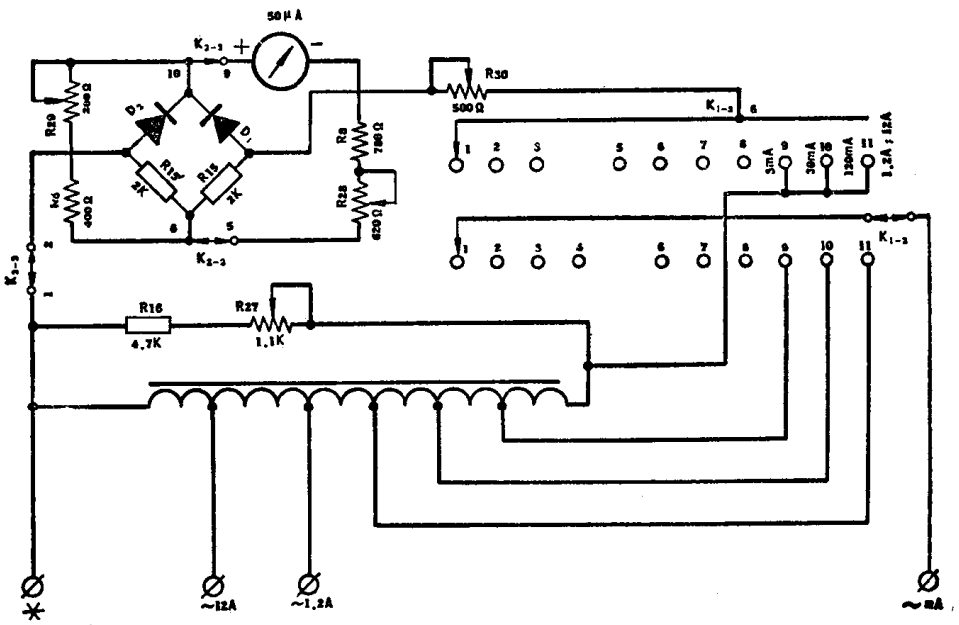


图 5—43.4　交流电流测量电路

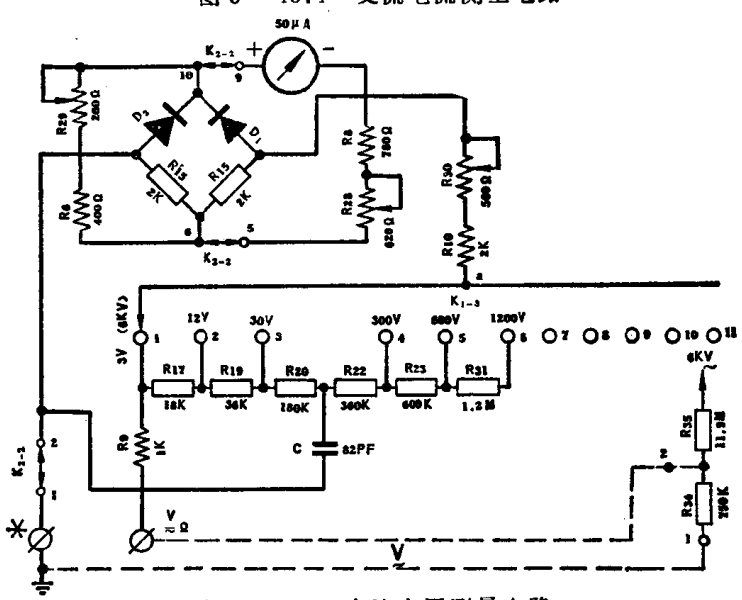


图 5—43.5　交流电压测量电路

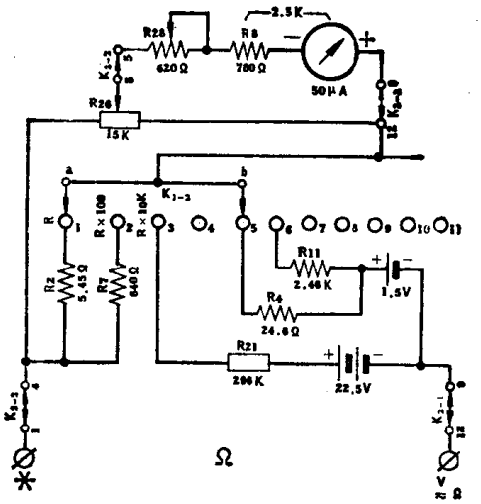


图 5 —43.6　电阻测量电路

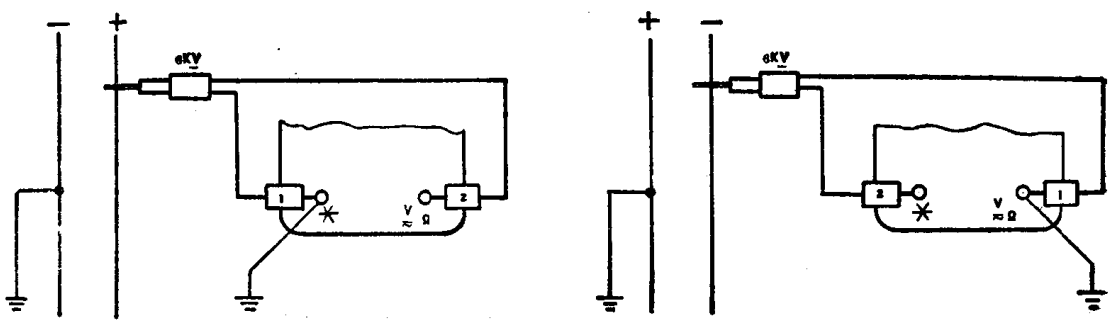


图 5 —43.7　直流6000V倍压器联接图

(44) MF6T型万用表

（上海求精仪表厂）

MF 6 T型万用表是热带型仪表，除在面板上少一个2500 V 插孔，电路上少一个降压电阻R_{24}外，其它各方面均与108—1T型表相同。2500伏以下的高压测量利用附件FJ19/1型 高压测试棒，使用时插在“+”插孔中。

MF 6 T型表在防外界气候影响的性能方面较108— 1 T型更好一些。

一、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-0.5-5-50-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500 V	5KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-100-250-500 V	5KΩ/V	± 4	
电阻	中心值：12、120Ω、12、120KΩ 倍数：R×1、×10、×1K、×10K 范围：0-2-20KΩ-2-20MΩ		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示

2.表头参数：

灵敏度：62微安；

内　阻：1850欧姆；

线　径：ϕ =0.03毫米；

圈　数：1000匝。

二、电路图

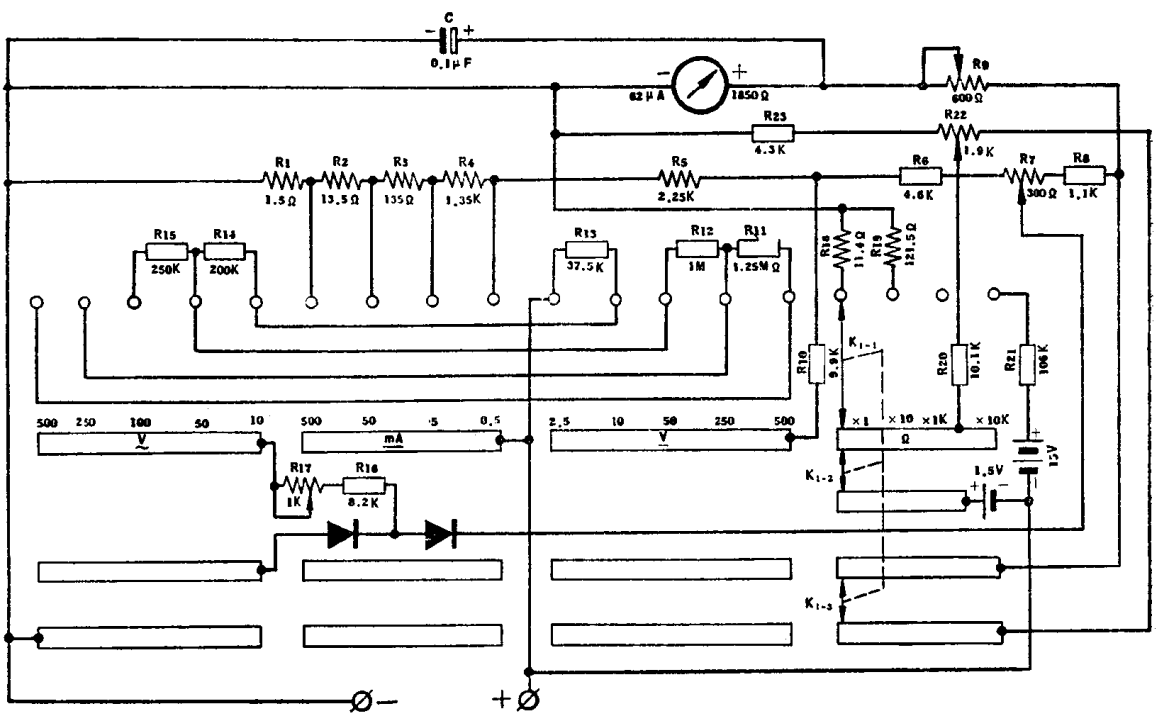


图5—44.1　MF6T型万用表总电路图

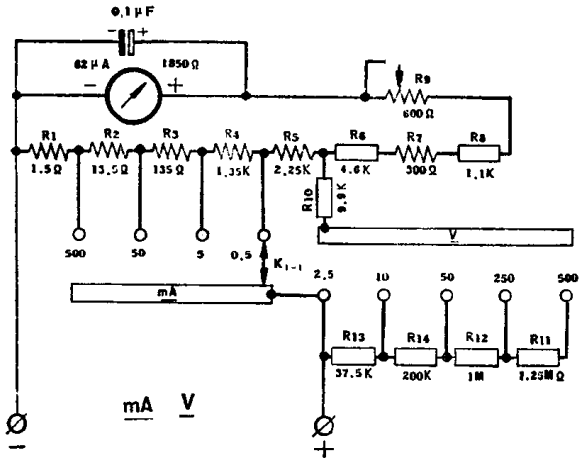


图 5—44.2　直流电流、电压测量电路

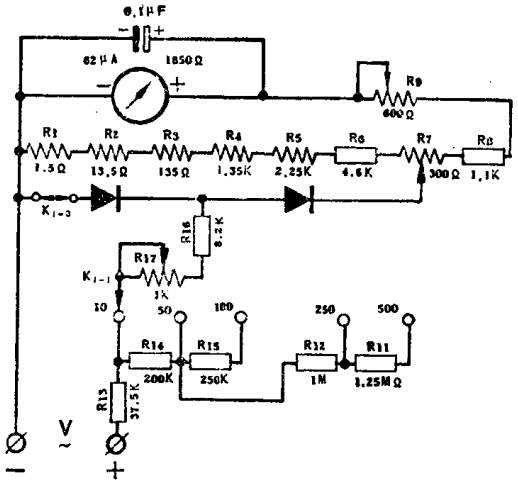


图 5—44.3　交流电压测量电路

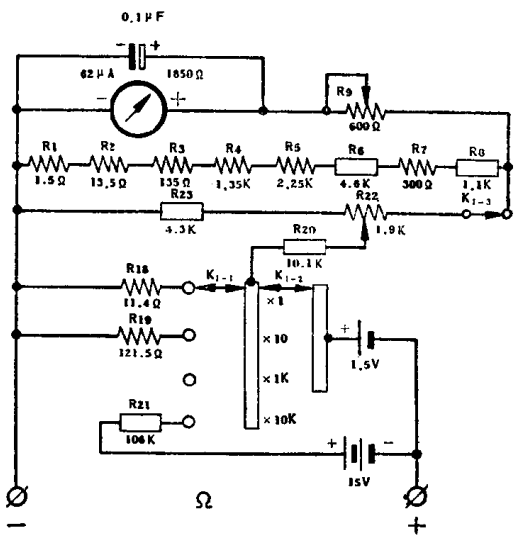


图 5—44.4　电阻测量电路

(45) MF7型　万　用　表

（上海遵义电表厂）

一、用途和构造

1.MF 7 型表为中等灵敏度、多量程万用电表，共有三十档量程，可以测量交直流电流、交直流电压、直流电阻和音频电平等。

2.本表是500型万用表变形产品，外形结构与500型相似。

3.电阻测量采用1.5伏 2 号电池一节（×1～×1K 档用）；9 伏迭层电池一节（与1.5伏电池一同用于×10K档）。

4.外形尺寸为178×173×84毫米；重量 2 公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-100-500μA-5-50-500mA-5A		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2-10-50-250-500-1000V	10KΩ/V	±2.5	
交流电流	0-0.5-5-50-500mA-5A		± 4	
交流电压	0-10-50-250-500-1000V	2KΩ/V	± 4	
电阻	R×1、×10、×100、×1K、×10K		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
电平	-10dB-0-+22dB-+50dB			

2.表头参数：

灵敏度：63微安；　内阻：1800欧姆；　线径：ϕ = 0.03毫米；　圈数：900匝；

游　丝：　力矩：14(21)毫克·厘米/90°；　外径：9 毫米；　圈数：5 。

三、电路图

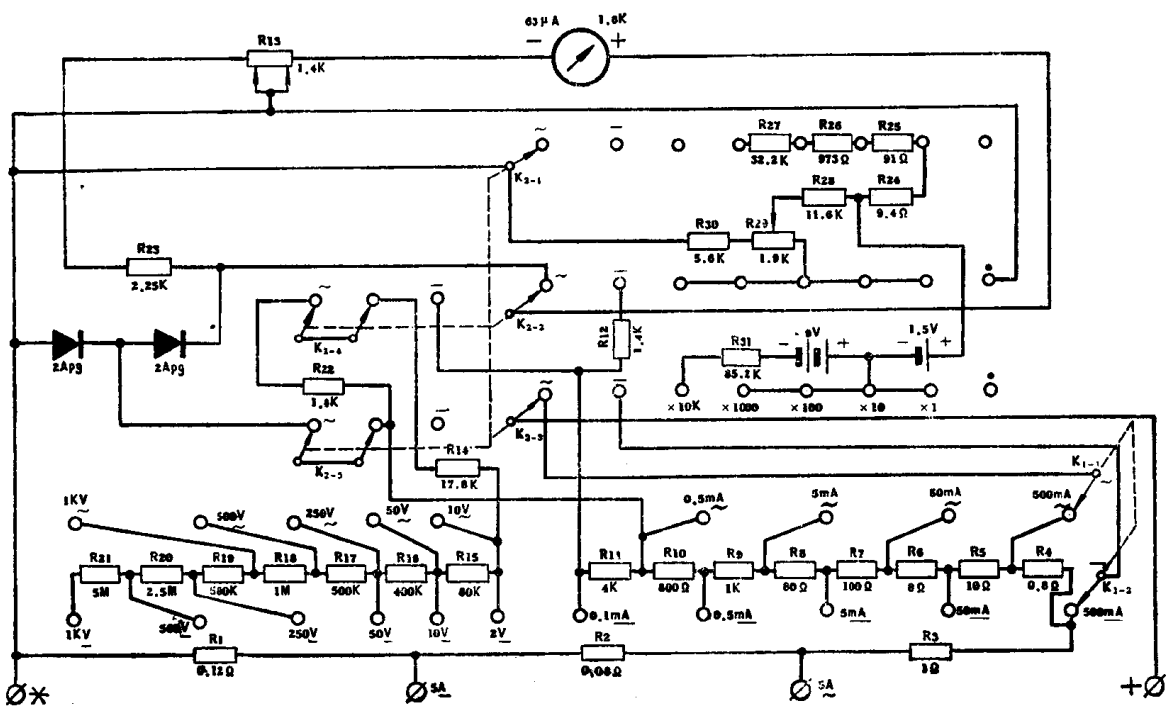


图 5 —45.1　MF 7 型万用表总电路图

MF7型 万 用 表 元 件 数 据

代号	名 称	规 格	代号	名 称	规 格
R_1	分流器	0.12Ω	R_{17}	炭膜电阻	500KΩ
R_2	分流器	0.08Ω	R_{18}	炭膜电阻	1 MΩ
R_3	线绕电阻	1 Ω	R_{19}	炭膜电阻	500KΩ
R_4	线绕电阻	0.8Ω	R_{20}	炭膜电阻	2.5MΩ
R_5	线绕电阻	10Ω	R_{21}	炭膜电阻	5 MΩ
R_6	线绕电阻	8 Ω	R_{22}	炭膜电阻	1.4KΩ
R_7	线绕电阻	100Ω	R_{23}	炭膜电阻	2.25KΩ
R_8	线绕电阻	80Ω	R_{24}	线绕电阻	9.4Ω
R_9	线绕电阻	1 KΩ	R_{25}	线绕电阻	91Ω
R_{10}	线绕电阻	800Ω	R_{26}	线绕电阻	973Ω
R_{11}	炭膜电阻	4 KΩ	R_{27}	炭膜电阻	32.2KΩ
R_{12}	炭膜电阻	1.4KΩ	R_{28}	炭膜电阻	11.6KΩ
R_{13}	电位器	1.4KΩ	R_{29}	电位器	1.9KΩ
R_{14}	炭膜电阻	17.8KΩ	R_{30}	炭膜电阻	5.6KΩ
R_{15}	炭膜电阻	80KΩ	R_{31}	炭膜电阻	85.2KΩ
R_{16}	炭膜电阻	400KΩ			

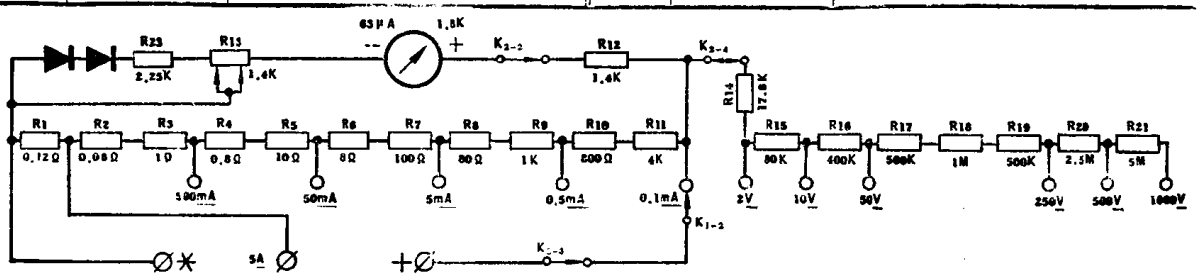


图 5 —45.2 直流电流、电压测量电路

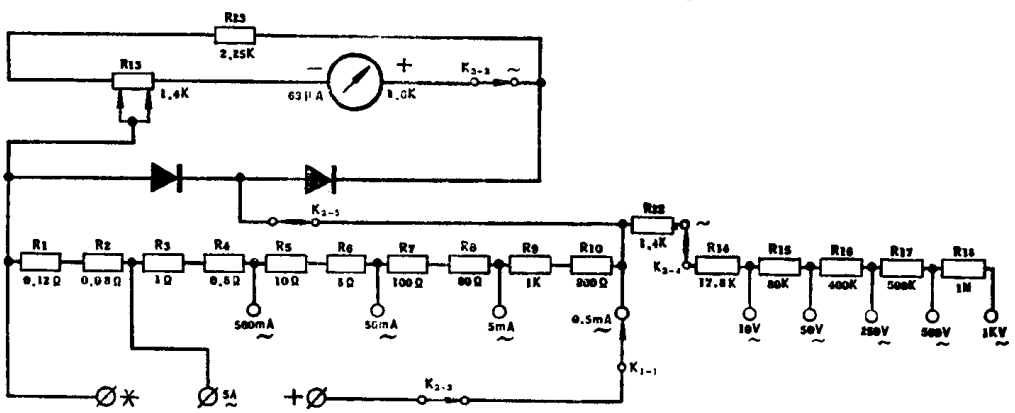


图 5 —45.3 交流电流、电压测量电路

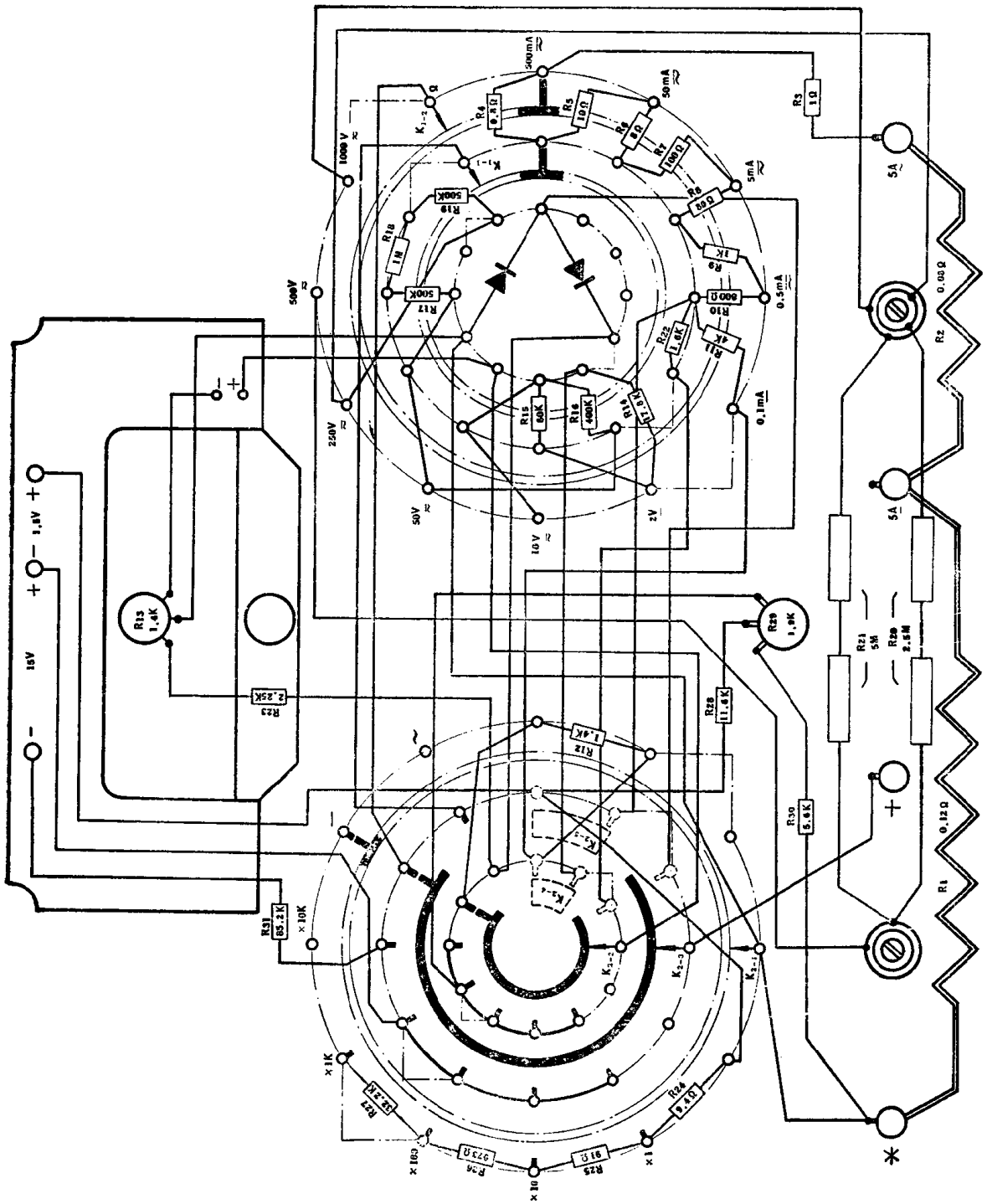


图 5 --45.5　电路元件位置图

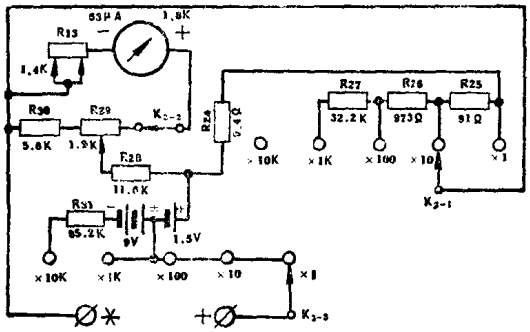


图 5 —45.4　电阻测量电路

(46) MF8 型万用表

一、用途和构造

1.MF8 型万用表共有二十四档，量程可以测直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻、音频电平、电容量。

2.外壳用胶木压制，面板上装有量程转换开关一个，零欧姆调整器一个，插孔八个。

3.电阻档用1.5V 5 号电池三节（一节用于R × 1 、R × 10、R × 100档； R × 100档用三节）。

4.外形尺寸为170 × 105 × 55毫米，重量为0.8公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0 -0.5-10-100-500mA		± 3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0 -10-50-250-500-1000 V	1KΩ/V	± 3	
交流电压	0 -10-50-250-500-1000 V	1KΩ/V	± 4	
电阻	中心值：12、120Ω、1.2K、12KΩ		±10	以被测量的百分数表示
	倍数：R × 1 、×10、×100、×1K			
	范围：0 -1K-10-100KΩ-1MΩ			
电平	-20dB- 0 -+15dB-+55dB			
电容量	0.0001μF-0.1μF(250V档)			

2.表头参数：

灵敏度：240微安；

内　阻：200欧姆。

三、电路图

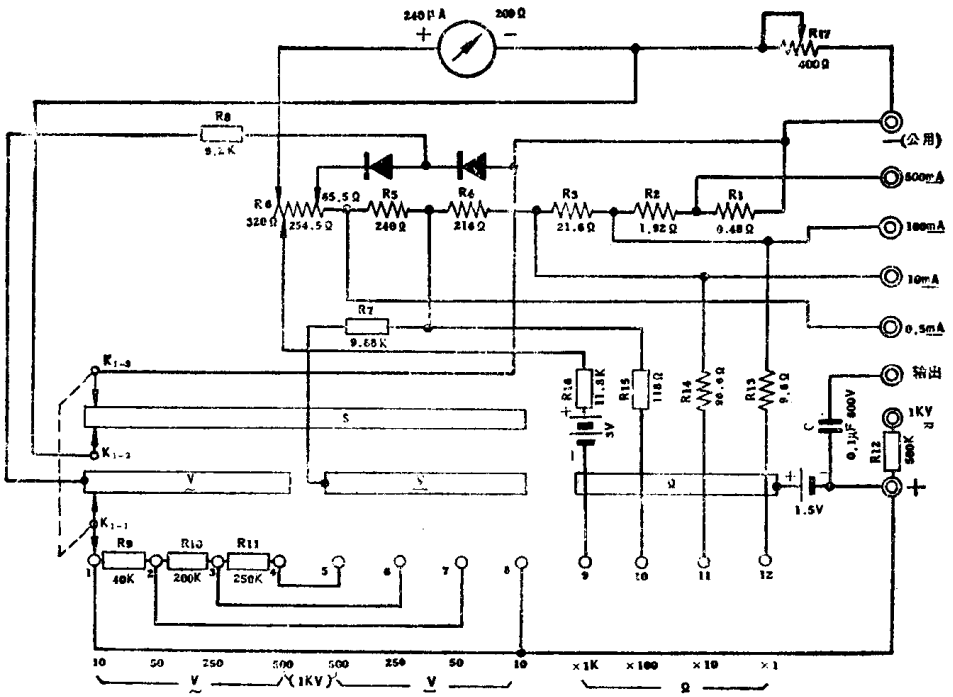


图 5—46.1　MF8 型万用表总电路图

〔注〕　测量电流时，开关应放置于电压（V或V）的位置上。

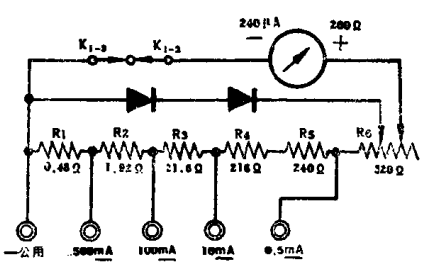


图 5—46.2　直流电流测量电路

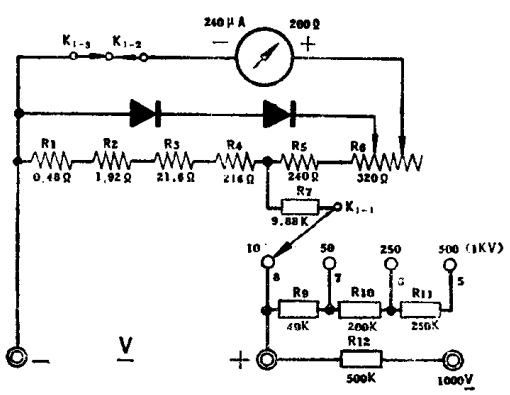


图 5—46.3　直流电压测量电路

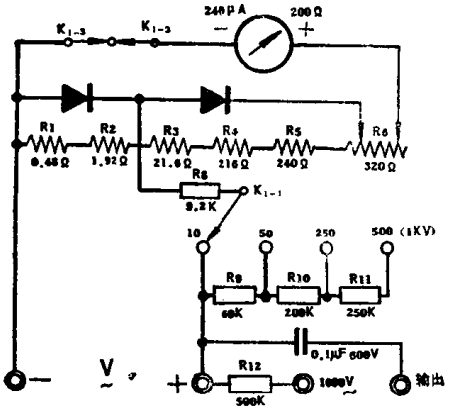


图 5 —46.4　交流电压测量电路

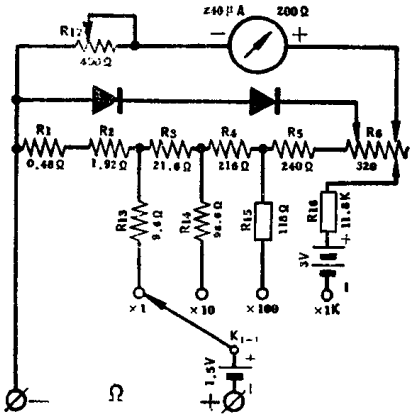


图 5 —46.5　电阻测量电路

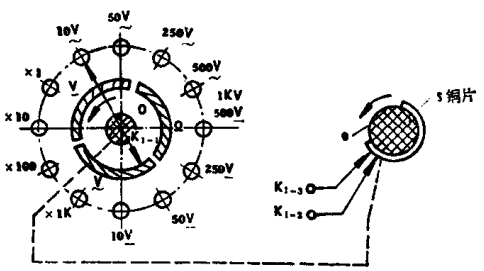


图 5 —46.6　测量种类、量程转换开关

(47) MF9型　万　用　表

（上海遵义电表厂）

一、用途和构造

1.MF9 型万用表是一种高灵敏度、多量程的携带式整流系仪表，共有十八档基本量程和三个附加量程，可以测量直流电流、交直流电压、电阻和音频电平等。0.5伏直流电压档可供测量晶体管电路的低电压参数。

2.本表采用印刷开关、印刷电路。

3.电阻测量采用1.5伏 2 号电池一节（× 1 、×10、× 1 K档用）；9 伏迭层电池一节（与1.5伏电池一同用于×10K档）。

4.外形尺寸为160 × 125 × 55毫米；重量 1 公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-50μA-0.5-5-50-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-0.5-2.5-10-50-250-500V	20KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-250-500V	4 KΩ/V	± 4	
电阻	倍数：R ×1、×10、×1K、×10K		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
	范围：0-4-40KΩ-4-40MΩ			
电平	-10dB +50dB			

2.表头参数：

灵敏度：41微安；

内　阻：2600欧姆；

线　径：0.03毫米；

圈　数：1200匝；

游　丝：

力　矩：14毫克·厘米/90°；

外　径：9 毫米；

圈　数：5 。

三、电路图

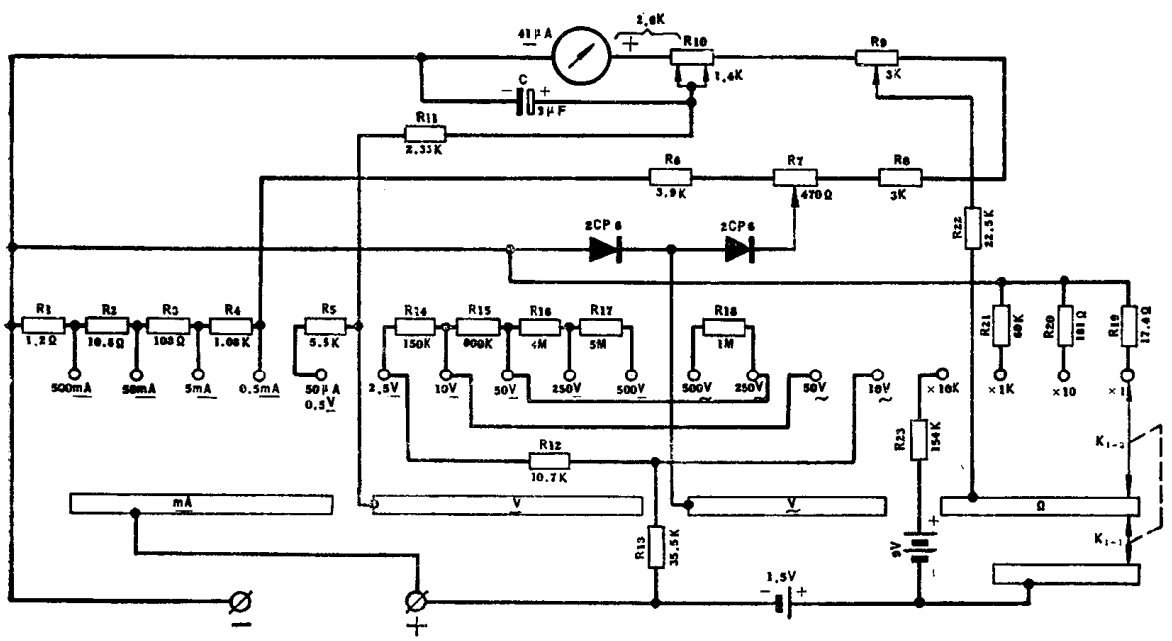


图 5 —47.1　MF9 型万用表总电路图

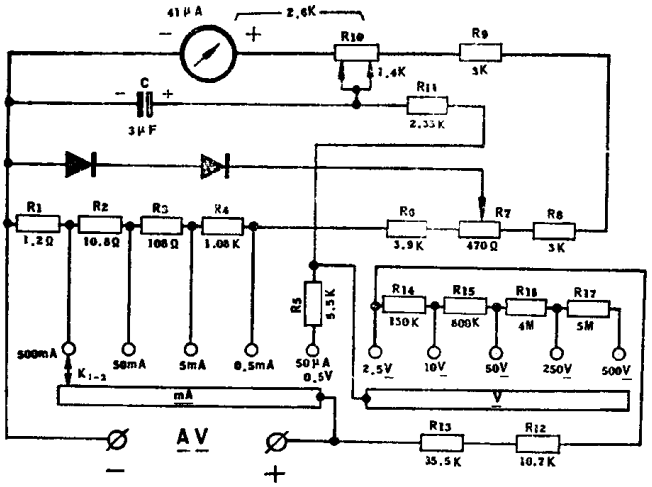


图 5 —47.2　直流电流、电压测量电路

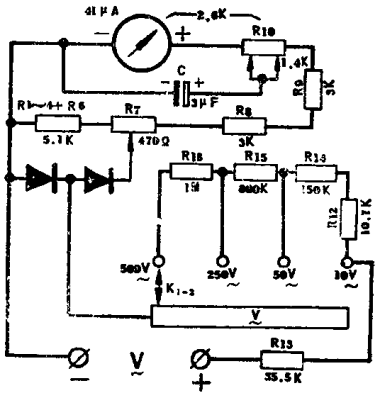


图 5 —47.3　交流电压测量电路

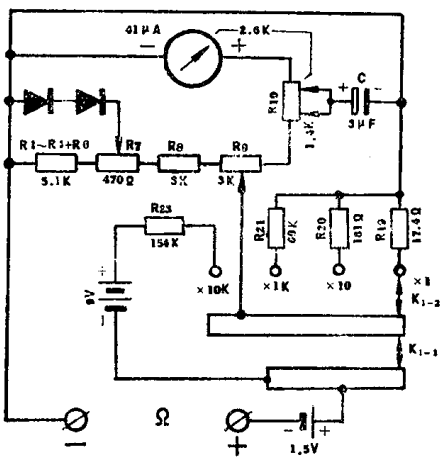


图 5 —47.4　电阻测量电路

MF9型 万 用 表 元 件 数 据 表

代　号	名　称	规　格	代　号	名　称	规　格
R_1	炭膜电阻	1.2Ω	R_{13}	炭膜电阻	35.5KΩ
R_2	〃　〃	10.8Ω	R_{14}	〃　〃	150KΩ
R_3	〃　〃	108Ω	R_{15}	〃　〃	800KΩ
R_4	〃　〃	1.08KΩ	R_{16}	〃　〃	4MΩ
R_5	〃　〃	5.5KΩ	R_{17}	〃　〃	5MΩ
R_6	〃　〃	3.9KΩ	R_{18}	〃　〃	1MΩ
R_7	炭膜电位器	470Ω	R_{19}	〃　〃	17.4Ω
R_8	炭膜电阻	3KΩ	R_{20}	〃　〃	181Ω
R_9	炭膜电位器	3KΩ	R_{21}	〃　〃	60KΩ
R_{10}	〃　〃	1.4KΩ	R_{22}	〃　〃	22.5KΩ
R_{11}	炭膜电阻	2.33KΩ	R_{23}	〃　〃	154KΩ
R_{12}	〃　〃	10.7KΩ			

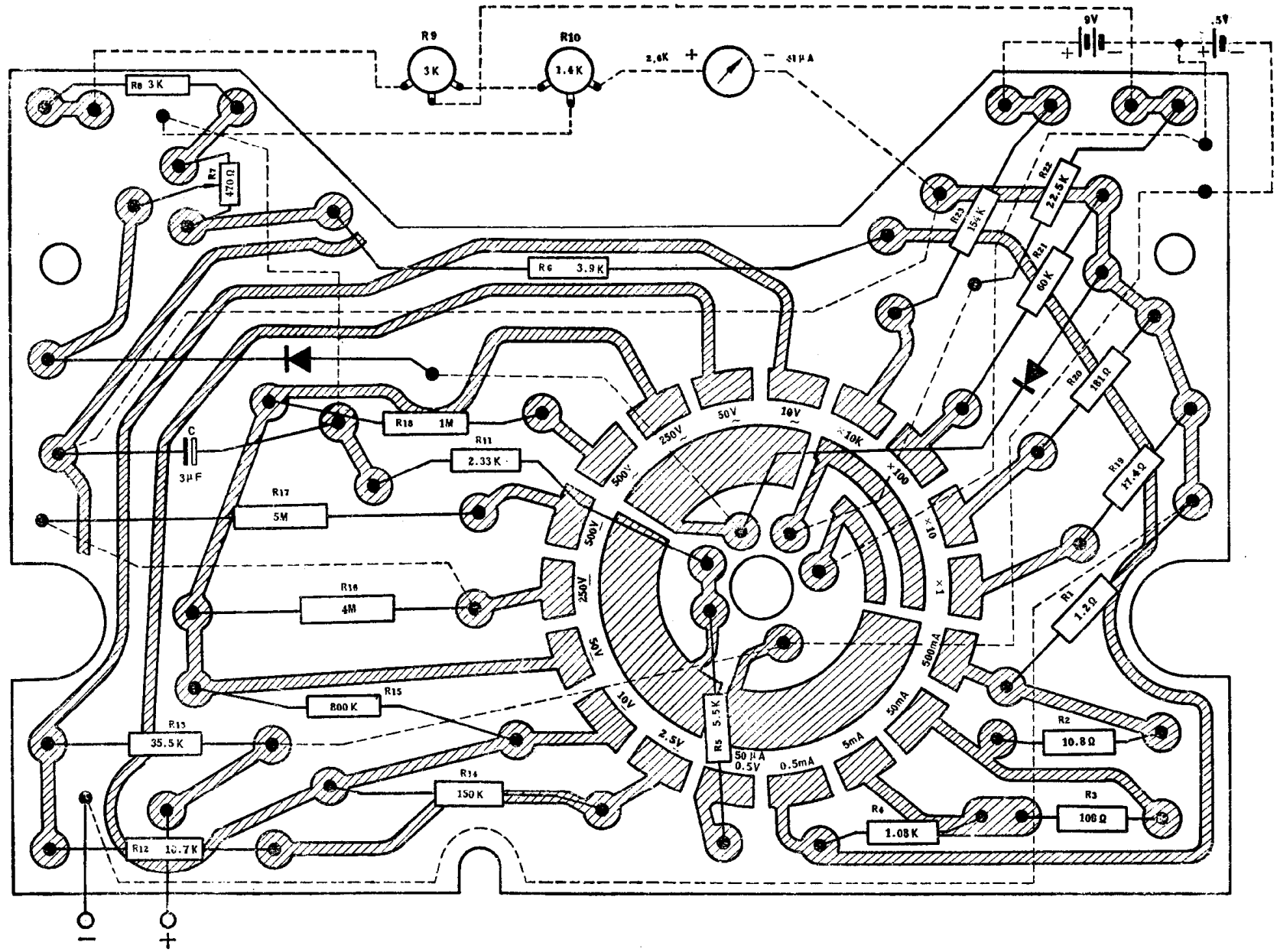


图 5—47.5　电路元件位置图

(48) MF10型 万 用 表

（上海遵义电表厂）

一、用途和构造

1. MF10型万用表具有较高的灵敏度，可以测微弱电流。电压表综合内阻很大，在测量高内阻的电路参数时，不会显著影响电路的工作状态。电阻测量范围扩大至×100K，可以测量小于200兆欧的高阻值。仪表共有二十四档基本量程和四个分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻和音频电平等。0.5伏档和10微安档共用一个开关位置。

2.仪表采用黑色胶木外壳，并设有整机密封装置。表头采用磁电系圆柱形测量机构，具有良好的防御外磁性能。永久磁铁采用铝镍钴合金，并经过老化处理。仪表支承均有防震装置。电路部分采用印刷开关、印刷电路，并采用高稳定性高阻值电阻，从而保证仪表性能稳定可靠。面板上装有一只转换开关，一只零欧姆调整器和三个接线端子，其中"＊"为公用负端。

3.电阻测量采用1.5伏2号电池一节（×1、～×10K档用）；15伏迭层电池一节（×100K挡专用）。本表附件有闭合器一个，作为外附电源代替15伏电池使用。

4.外形尺寸为220×145×85毫米；重量1.5公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-10-50-100μA-1-10-100-1000mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-0.5-1-2.5-10-50-100V	100KΩ/V	±2.5	
	0-250-500V	20KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-250-500V	20KΩ/V	±4	
电阻	倍数：R×1、×10、×100、×1K、×10K、×100K		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
	范围：0-2-20-200KΩ-2-20-200MΩ			
电平	-10dB-0-+22dB-+56dB			

（测交流电压的额频率为45——1500赫，量程10——50又可扩大到1500——5000赫；25又可测至3000赫，基本误差增至±8%）。

2.表头参数：

灵敏度：9.15～9.3微安；　内阻：3350±250欧姆；

线　径：0.02毫米；　圈数：1200匝；

游　丝：

力　矩：7（5）毫克·厘米/90°；　外径：9毫米；　圈数：5。

三、电路图

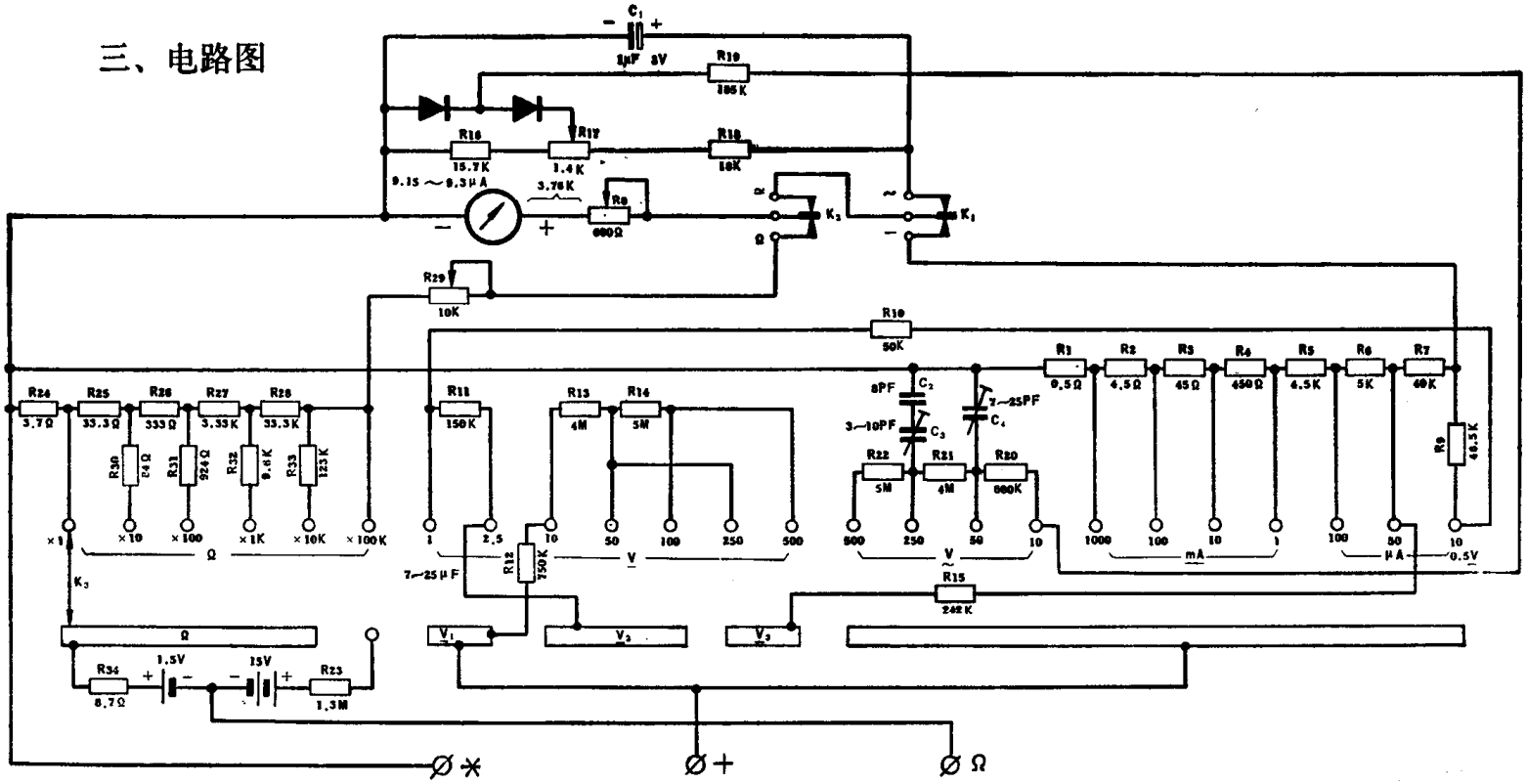


图 5—48.1　MF10型万用表总电路图

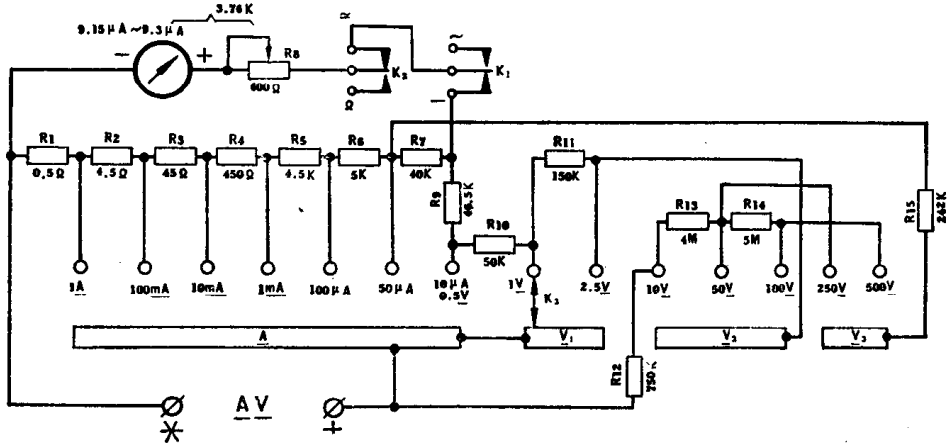


图 5—48.2　直流电流、电压测量电路

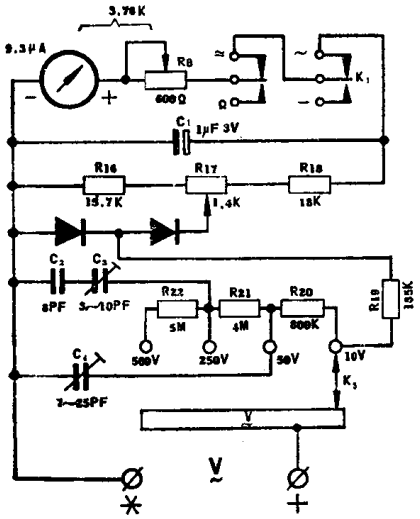


图 5—48.3　交流电压及音频电平测量电路

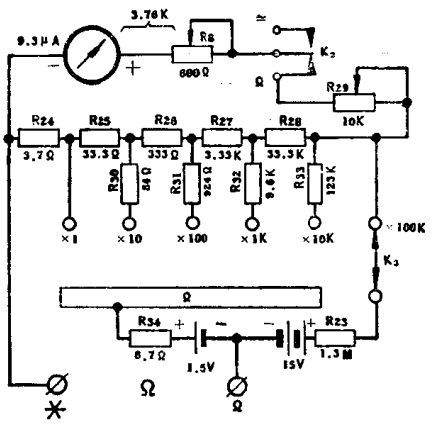


图 5—48.4　电阻测量电路

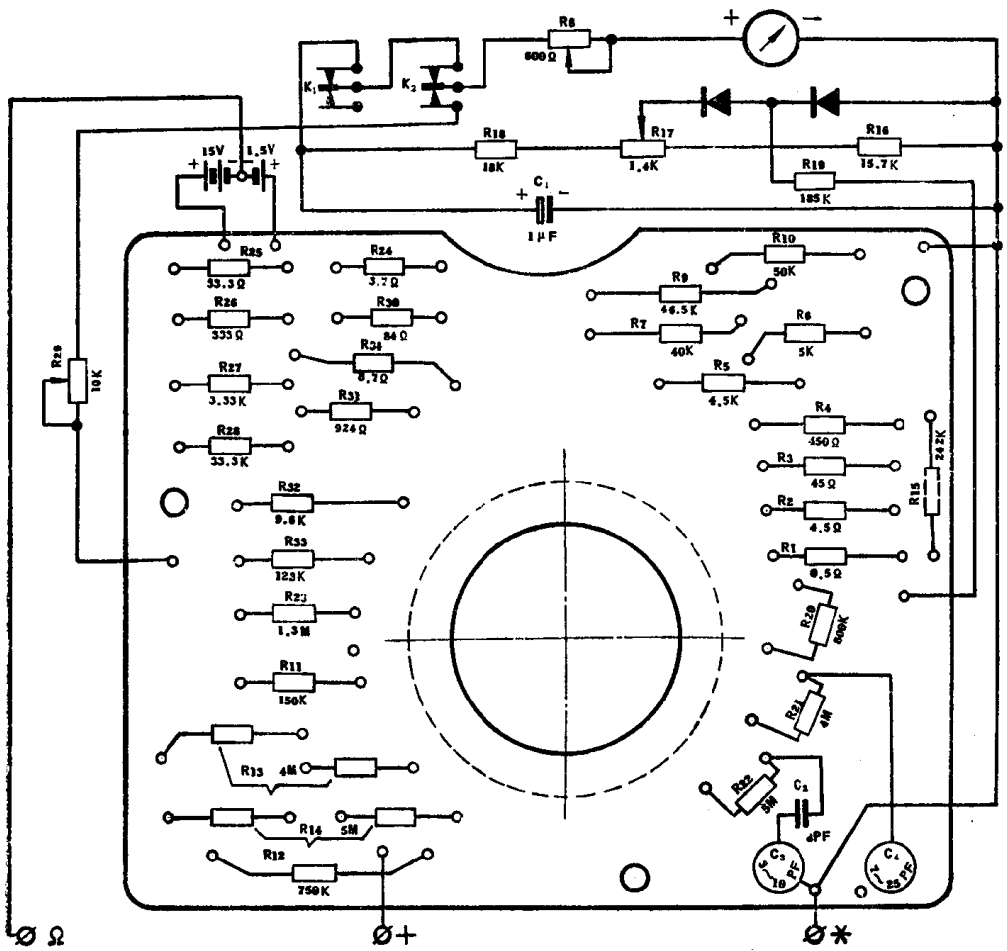


图 5—48.5　电路元件位置图

MF10型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名 称	规 格	代号	名 称	规 格
R_1	线绕电阻	0.5Ω±0.5%	R_{20}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{4}$W800K±1%
R_2	线绕电阻	4.5Ω±0.5%	R_{21}	炭膜电阻	RTL4MΩ±1%
R_3	线绕电阻	45Ω±0.5%	R_{22}	炭膜电阻	RTL5MΩ±1%
R_4	线绕电阻	450Ω±0.5%	R_{23}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{8}$W1.3MΩ±1%
R_5	线绕电阻	4.5KΩ±0.5%	R_{24}	线绕电阻	3.7Ω±0.5%
R_6	线绕电阻	5KΩ±0.5%	R_{25}	线绕电阻	33.3Ω±0.5%
R_7	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{8}$W40KΩ±1%	R_{26}	线绕电阻	333Ω±0.5%
R_8	小型电位器	600Ω	R_{27}	线绕电阻	3330Ω±0.5%
R_9	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{8}$W46.5KΩ±1%	R_{28}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{8}$W33.3KΩ±1%
R_{10}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{8}$W50KΩ±1%	R_{29}	炭膜电位器	10KΩ
R_{11}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{8}$W150KΩ±1%	R_{30}	线绕电阻	84Ω±0.5%
R_{12}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{4}$W750KΩ±1%	R_{31}	线绕电阻	924Ω±0.5%
R_{13}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{2}$W4MΩ±1%	R_{32}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{8}$W9.6KΩ±1%
R_{14}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{2}$W5MΩ±1%	R_{33}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{8}$W123KΩ±1%
R_{15}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{2}$W242KΩ±3%	R_{34}	线绕电阻	8.7Ω±0.5%
R_{16}	炭膜电阻	RTL15.7KΩ	C_1	小型电解电容器	1μF 3V
R_{17}	小型电位器	1.4KΩ	C_2	微调电容	8PF
R_{18}	炭膜电阻	RTL18KΩ	C_3	微调电容	CCWX-2 3～10PF
R_{19}	炭膜电阻	RTL$\frac{1}{4}$W185K±1%	C_4	补偿电容	CCWX-2 7～25PF

(49) MF11型 万 用 表

(上海遵义电表厂)

一、用途和构造

1.MF11型表共有十五档基本量程和三个分贝附加量程，可以测量直流电流、交直流电压、直流电阻、音频电平，还能测量晶体三极管的共发射极直流放大倍数h_{FE}。

2.本表采用塑料外壳、全透明有机玻璃表盖。表头采用内磁结构。面板上装有一只量程转换旋钮、一只零欧姆调整器、两个插孔和两个三极管插座。电路部分采用印刷开关和印刷电路。

3.电阻测量和h_{FE}的测量共用一只1.5伏 5 号电池。电池盒设在仪表背面，与内部零件隔离，换取电池极为方便。

4.仪表外形尺寸为129×87×47毫米，重量0.26公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
量程	量限			
直流电压	0 - 2.5 - 10 - 250 - 500 V	10KΩ/V	2.5	以上量限的百分数计算
交流电压	0 - 10 - 250 - 500V	4 KΩ/V	4.0	
直流电流	0 - 0.1 - 1 - 10 - 100mA	<0.75V	2.5	
电阻	0 - 20K - 200K - 2 MΩ(中心值12Ω)		2.5	以刻度尺长度的百分数计算
电平	- 10 - +56dB(刻度为 - 10 - +22dB)		4.0	
晶体管放大系数	0 - 200h_{FE}			

2.表头参数：

灵敏度：85微安；

内　阻：900欧姆；

线　径：0.03毫米；

圈　数：800匝。

三、电路图

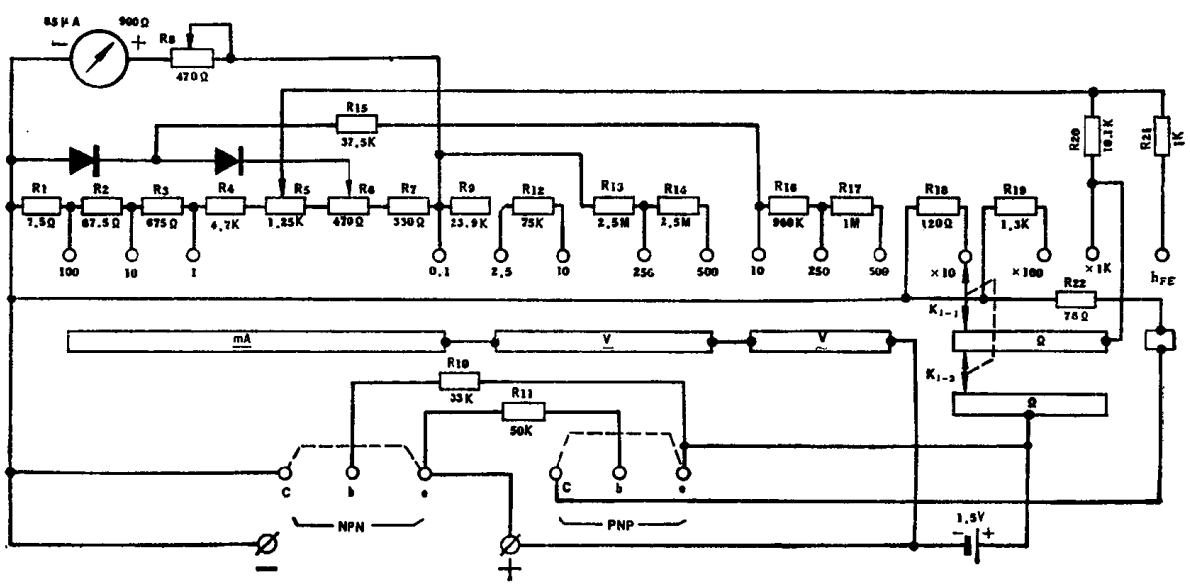


图5—49.1　MF11型万用表总电路图

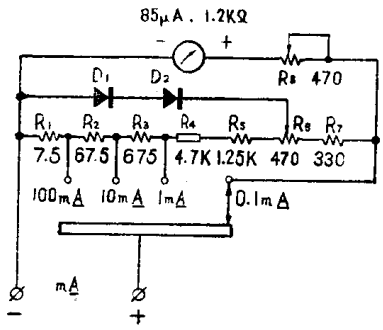


图 5 —49.2　直流电流测量电路

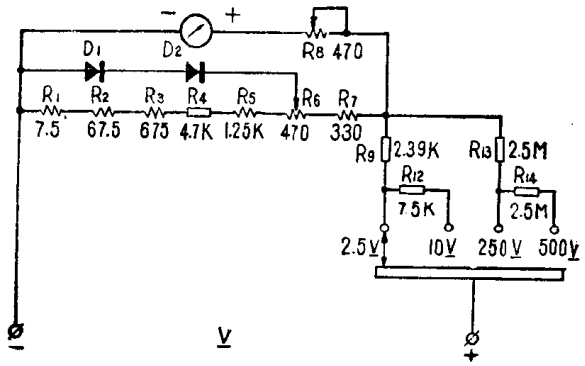


图 5 —49.3　直流电压测量电路

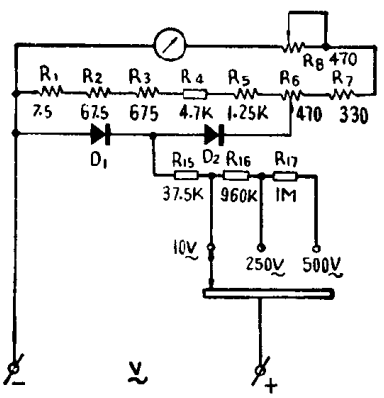


图 5 —49.4　交流电压测量电路

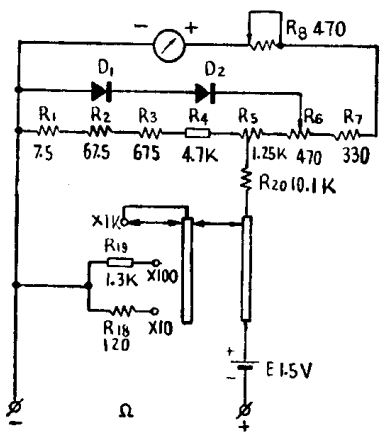


图 5 —49.5　电阻测量电路

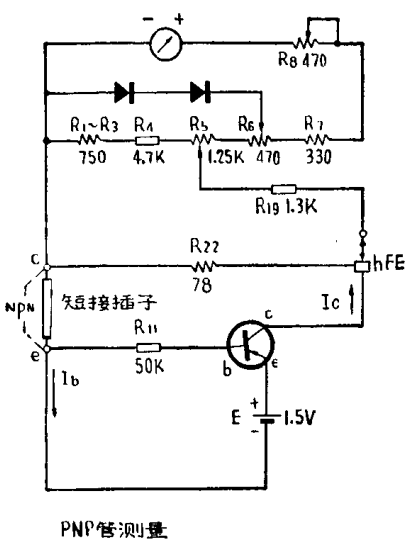


图 5 —49.6　PNP管测量电路

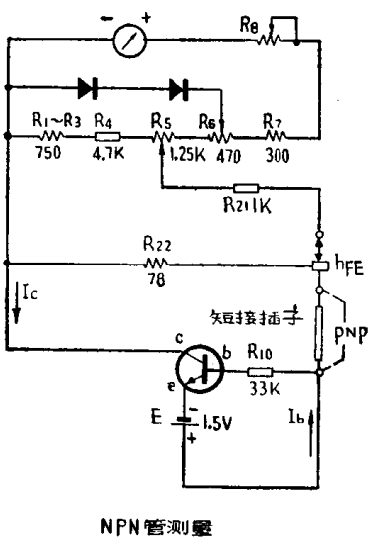


图 5 —49.7　NPN管测量电路

MF11型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	7.5Ω	R_{14}	炭膜电阻	2.5MΩ
R_2	线绕电阻	67.5Ω	R_{15}	炭膜电阻	37.5KΩ
R_3	线绕电阻	675Ω	R_{16}	炭膜电阻	960KΩ
R_4	炭膜电阻	4.7KΩ	R_{17}	炭膜电阻	1MΩ
R_5	线绕电位器	1.25KΩ	R_{18}	线绕电阻	120Ω
R_6	小型电位器	470Ω	R_{19}	炭膜电阻	1.3KΩ
R_7	线绕电阻	330Ω	R_{20}	线绕电阻	10.1KΩ
R_8	小型电位器	470Ω	R_{21}	炭膜电阻	1KΩ
R_9	炭膜电阻	23.9KΩ	R_{22}	线绕电阻	78Ω
R_{10}	炭膜电阻	33KΩ	D_1	整流器	
R_{11}	炭膜电阻	50KΩ	D_2	整流器	
R_{12}	炭膜电阻	75KΩ	E	电池	5号1.5V
R_{13}	炭膜电阻	2.5MΩ			

测量三极管直流放大倍数h_{FE}时，先将开关旋至“Ω×1K”档，用表笔将“+”、“-”插孔短接，并调节零欧姆调整器，使指针指在“0Ω”位置。

测量PNP型管时，开关旋至“h_{FE}”档，并将附件短路插头插入“NPN”管座的“e”和“c”插孔，然后将被测管的发射极、基极和集电极分别插入“PNP”管座插孔“e”“b”和“c”内，即可由第四条刻度读出放大倍数。

测量NPN型管时，短路插头应插入“PNP”管座内，被测管插入“NPN”管座内，然后进行读数。

(50) MF12型 万 用 表

（上海遵义电表厂）

一、用途和构造

1. MF12型万用表为携带式高精度、多量程电工测量仪表，测量范围宽阔，可以测量交直流电流、交直流电压、直流电阻、电容量和音频电平。仪表共有三十二档基本量程和三个分贝附加量程。附件FL31型分流器和HL27型中频互感器与电表配合使用，可扩大直流电流和交流电流量程至6安和30安。75毫伏档和50微安档共用一个开关位置。

2.采用黑色胶木外壳，并设有密封装置和铝制携带箱。表头采用磁电式圆柱形测量机

构，具有防震性能。永久磁铁采用铝镍钴合金，并经过老化处理。仪表支承均有防震装置。电路部分采用印刷开关、印刷电路，并采用密封式金属膜高阻值电阻和锰铜丝绕制的分流电阻。面板上装有一只转换开关旋钮，一只零欧姆调整器和三个接线端子，其中“*”为公用负端。

3.电阻测量采用1.5伏2号电池一节（×1～×100档用）；15伏迭层电池一节（×1K档用）。本表附件有闭合器一个，作为外附电源代替15伏电池使用。

4.仪表外形尺寸为220×145×85毫米；携带箱外形尺寸为332×272×105毫米。仪表本身重量为2公斤；携带箱重1.5公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
直流电流	0-50μA-0.15-0.6-3-15-60-300mA -1.5A-(6A-30A)		±1.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	75mV-3-7.5-15-30-150-300-600V	20KΩ/V	±1.5	
交流电流	0-3-15-60-300-1.5A-(6A-30A)		±2.5	
交流电压	0-3-7.5V	1KΩ/V	±2.5	
	0-15-30-150-300-600V	2KΩ/V	±2.5	
电阻	倍数：R×1、×10、×100、×1K	中心阻值为：210Ω、2.1K、21K、210K	±1.5	以刻度尺全长的百分数表示
	范围：0-20-200KΩ-2-20MΩ			
电平	范围：-10—+56dB		±4	

配分流器（FL31型）和互感器（HL27型）后，交直流电流范围扩大到6安—30安。

电容：0.005μF—20μF、±2.5%

2.表头参数：

灵敏度：45微安；

内　阻：330±17欧姆；

线　径：0.04毫米；

圈　数：400匝；

游　丝：

力　矩：10毫克·厘米/90°；

外　径：9毫米；

圈数：5。

三、使用方法

1.直流电流测量　将转换开关放至适当量程上，然后将接线端子“+”、“*”串入被测电路中。测量50微安以下电流时，将转换开关置于“75mV”档的位置上。

使用FL型分流器测量6安和30安以下电流时，将分流器的两个接线端子与仪表“+”、“*”端子联接，转换开关放至“75mV”档，然后将分流器两个端子“*”和“6A”或“30A”串入被测电路中。

分流器的基本误差不超过±0.5%，与本表联合测量时，误差为±2%。

2.直流电压测量　将转换开关放至相应量程上，然后将接线端子“+”、“*”与被测电路并联。

3.交流电流测量　与直流电流测量相似。

使用HL27型互感器测量6安和30安以下电流时，互感器次级端子与仪表两个端子“+”、“*”联接，并将转换开关放至“15mA”档。用初级去测量被测电流。注意使用时．不可使次级开路，以免损坏互感器。

互感器基本误差在频率为45～1000赫范围内不超过±1%，与本表联合测量时，误差为3.5%。

4.交流电压测量　与直流电压测量相似。交流测量系统采用二组锗二极管组成的全波整流电路。测量中频时，电路中设有补偿电容，可改善频率特性。

交流电压的测量，3～7.5V、15～30V、150～600V各档分别采用不同的表面刻度。

5.直流电阻测量　与一般万用表使用方法相同。

6.电容测量　将转换开关旋至“μF”档，用频率为50赫的200～240伏交流电压作为电源，接在仪表“*”和“μF”两端子上。调节零欧姆调整器，使指针指在电容刻度的零位上。然后将被测电容接在“*”和“+”两接线端子之间，即可由刻度上读出被测电容数值。

测量时，电源应稳定，电源内阻不应大于50欧姆，并注意安全，不要用手直接与电容器的任意一端接触。

7.音频电平测量

(a)测量电压绝对电平和电压相对电平。　仪表刻度盘上的分贝刻度是根据0dB为1毫瓦，在600欧负载上的电压为0.775V设计。它直接指示电压绝对电平值。

测量时，将转换开关旋至交流3V或7.5V档，用“+”和“*”两端子接到被测电路上。当用“3V”档时，指针所指示的dB值即为电压绝对电平值；当用“7.5V”挡时，读数应加上+8dB，才为实际电压绝对电平大小。

线路输出端和输入端的电压绝对电平之差，就是电压相对电平的增益或衰减值。

(b)测量功率绝对电平。　设在被测电路额定负载R_2上的电压为V_2，负载所承受的功率为P_2，测量时由于仪表的指示值是在1毫瓦、600欧条件下的电压绝对电平值，故被测实际功率绝对电平值可按下式换算：

$$\text{功率绝对电平} = 20\lg\frac{E_2}{0.775} - 10\lg\frac{R_2}{R_1}。$$

(c)测量传输的衰减。　电信工程的传输线经常以600欧阻抗进行设计，本仪表为了简化传输线的衰减测试工作，当转换开关置于“dB”档时，它的总阻为600欧，正好与传输线的阻抗相等。测量传输的衰减时，首先将仪表“+”和“*”两端子与内阻为600欧标准振荡器联接，直接读出分贝值。然后将仪表接在输送线的输出端，通过传输线与标准振荡器联接，在振荡器输出不变的情况下，再次读出分贝值。最后取二次读数之差即为传输线的衰减值。

四、电路图

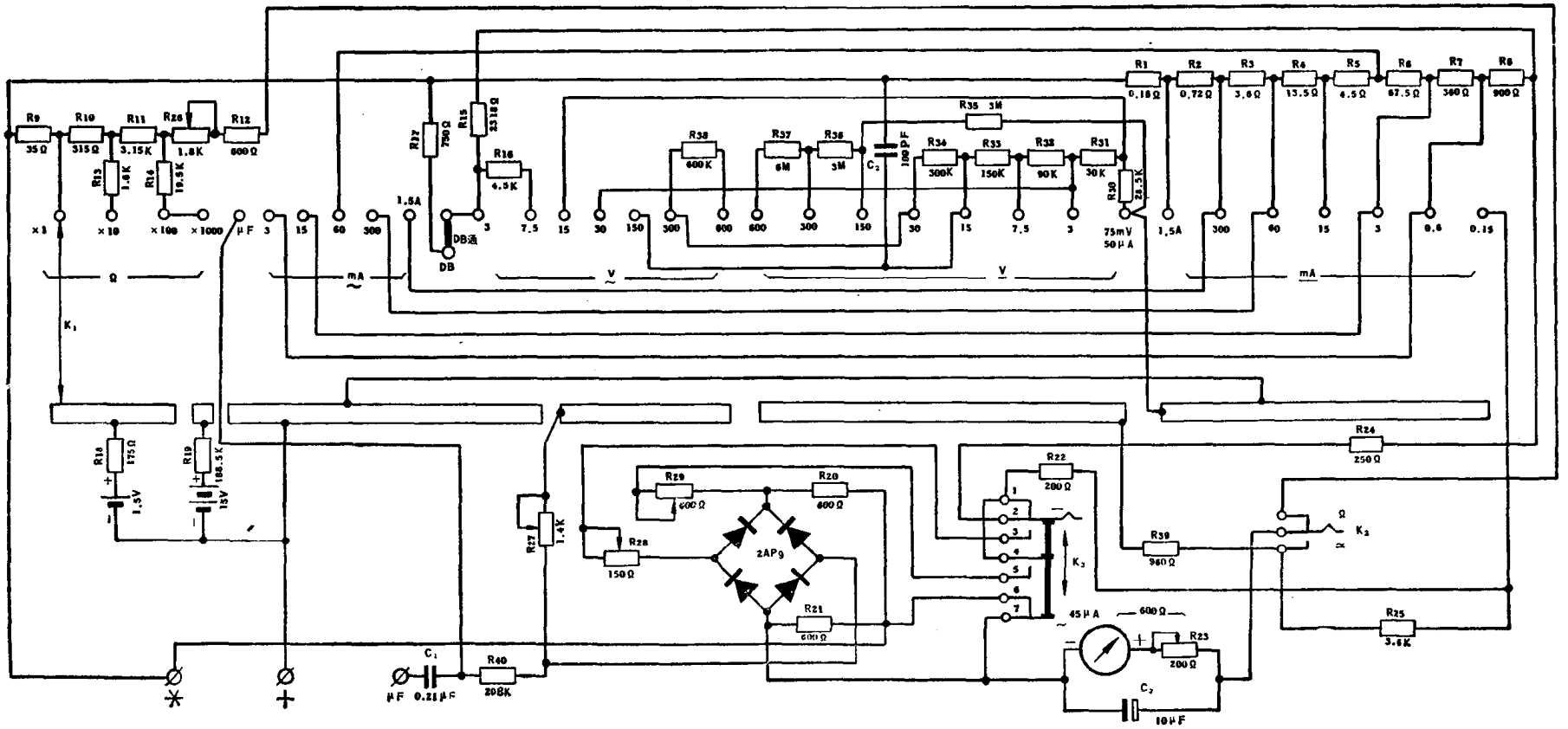


图5—50.1　MF12型万用表总电路图

MF12型 万 用 表 元 件 数 据 表

代 号	名 称	规 格	代 号	名 称	规 格
R_1	线绕电阻	0.18Ω±0.25%	R_{23}	小型电位器	200Ω
R_2	线绕电阻	0.72Ω±0.25%	R_{24}	线绕电阻	250Ω±0.25%
R_3	线绕电阻	3.6Ω±0.25%	R_{25}	线绕电阻	3.6K ±0.25%
R_4	线绕电阻	13.5Ω±0.25%	R_{26}	小型电位器	1.8KΩ
R_5	线绕电阻	4.5Ω±0.25%	R_{27}	小型电位器	1.4K
R_6	线绕电阻	67.5Ω±0.25%	R_{28}	小型电位器	150Ω
R_7	线绕电阻	360Ω±0.25%	R_{29}	小型电位器	600Ω
R_8	线绕电阻	900Ω±0.25%	R_{30}	硼炭膜电阻	28.5KΩ±0.5%
R_9	线绕电阻	35Ω±0.5%	R_{31}	硼炭膜电阻	30KΩ±0.5%
R_{10}	线绕电阻	315Ω±0.5%	R_{32}	硼炭膜电阻	90KΩ±0.5%
R_{11}	线绕电阻	3.15KΩ±0.5%	R_{33}	金属膜电阻	150KΩ±0.5%
R_{12}	线绕电阻	600Ω±0.5%	R_{34}	金属膜电阻	300KΩ±0.5%
R_{13}	线绕电阻	1.6KΩ±0.5%	R_{35}	金属膜电阻	3MΩ±0.5%
R_{14}	炭膜电阻	19.5KΩ±1%	R_{36}	金属膜电阻	3MΩ±0.5%
R_{15}	线绕电阻	2318Ω±0.25%	R_{37}	金属膜电阻	6MΩ±0.5%
R_{16}	线绕电阻	4.5KΩ±0.25%	R_{38}	金属膜电阻	600KΩ±0.5%
R_{17}	线绕电阻	750Ω±0.5%	R_{39}	线绕电阻	960Ω±0.5%
R_{18}	线绕电阻	175Ω±0.5%	R_{40}	炭膜电阻	208KΩ±0.5%
R_{19}	炭膜电阻	188.5KΩ±1%	C_1	云母式	0.21μF
R_{20}	线绕电阻	600Ω±0.25%	C_2	云母式	100PF
R_{21}	线绕电阻	600Ω±0.25%	C_3	电解式	10μF
R_{22}	线绕电阻	200Ω±0.25%			

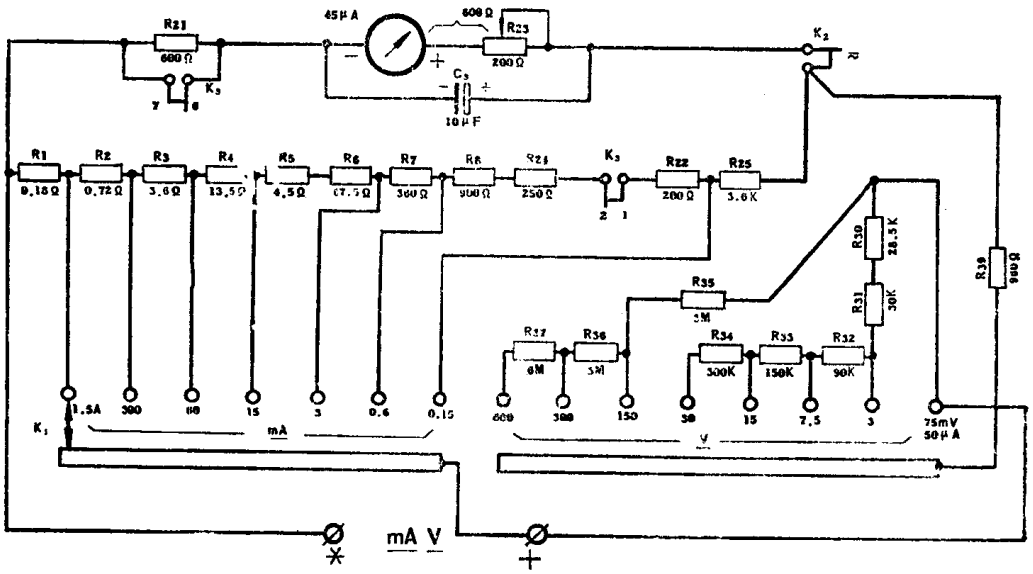


图5—50.2　直流电流、电压测量电路

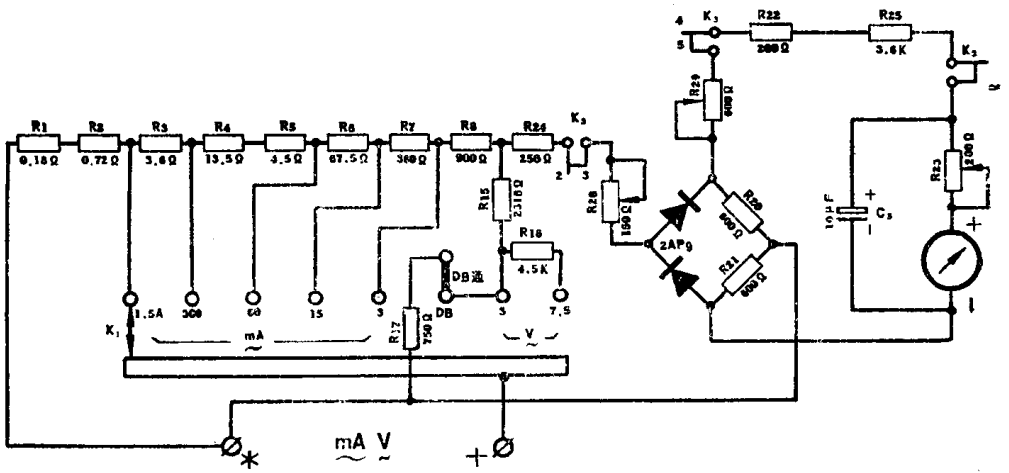


图5—50.3　交流电压3—7.5V、交流电流、音频电平测量电路

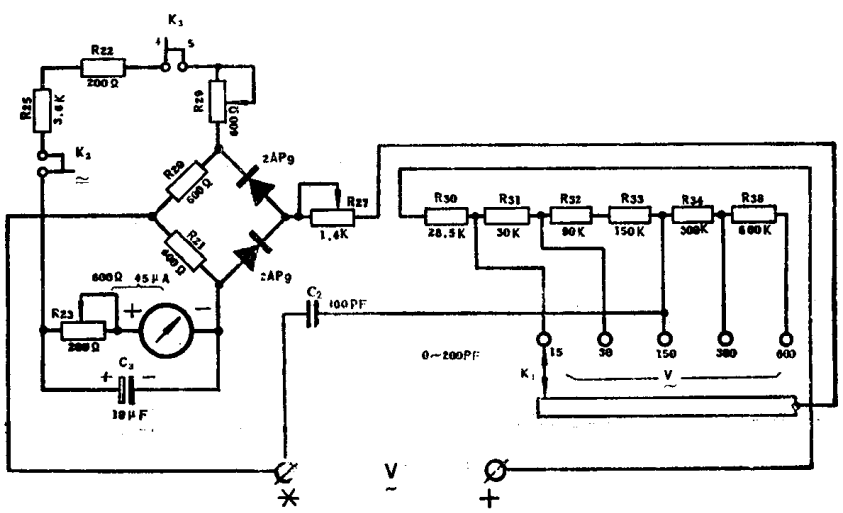


图5—50.4　交流电压15—600V测量电路

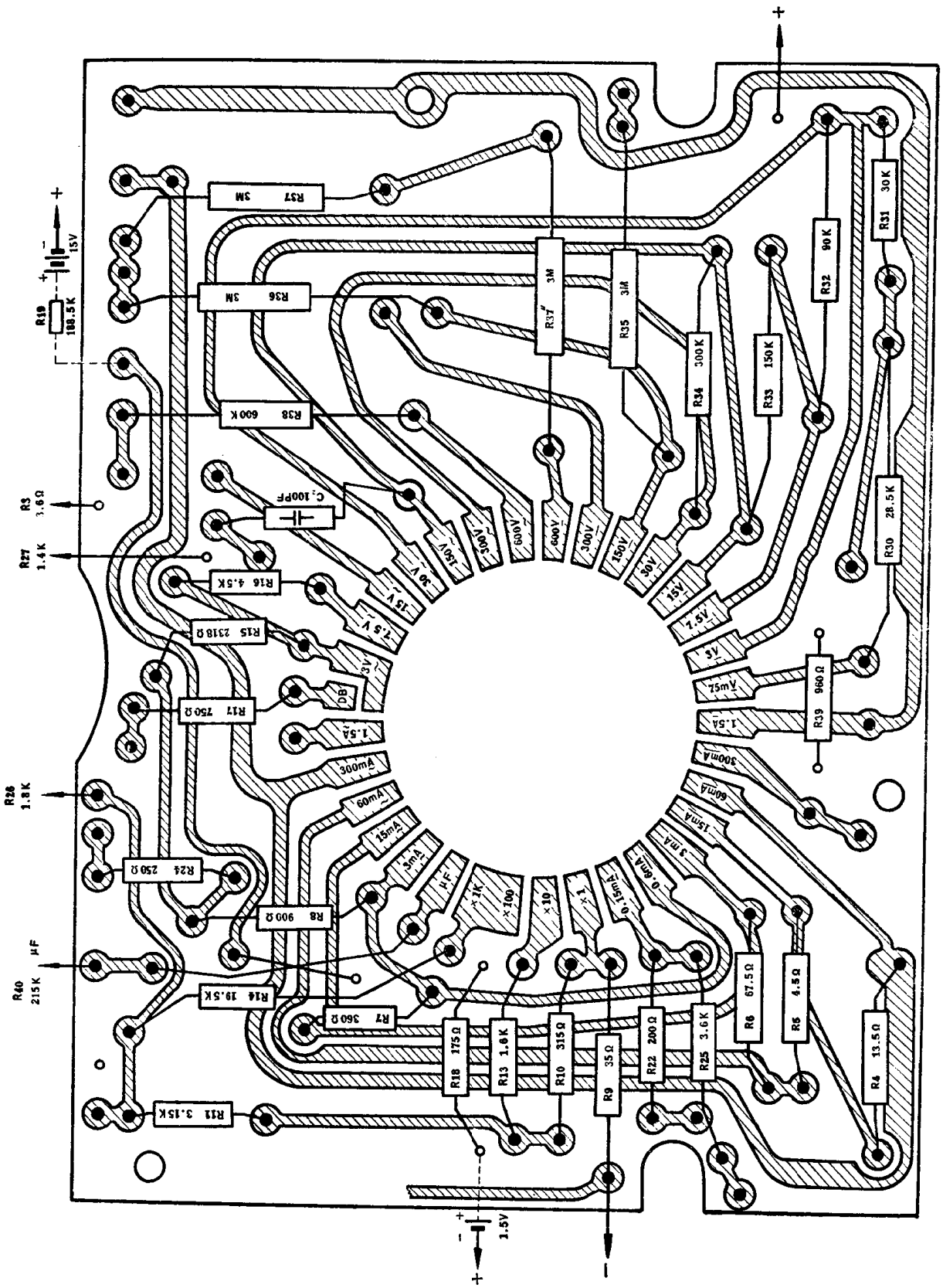


图5—50.7 电路元件位置图

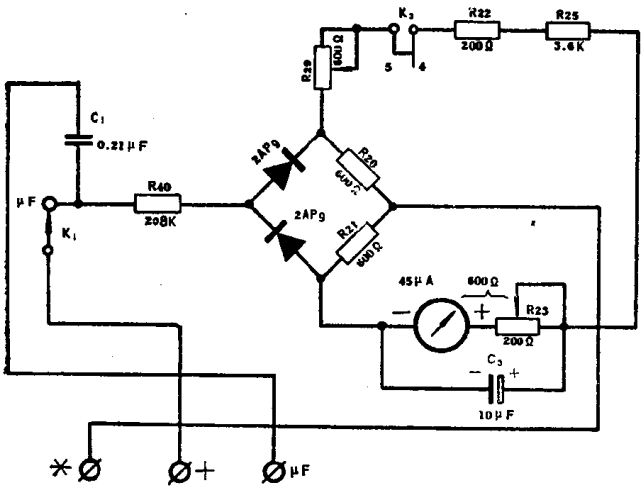


图5—50.5 电容测量电路

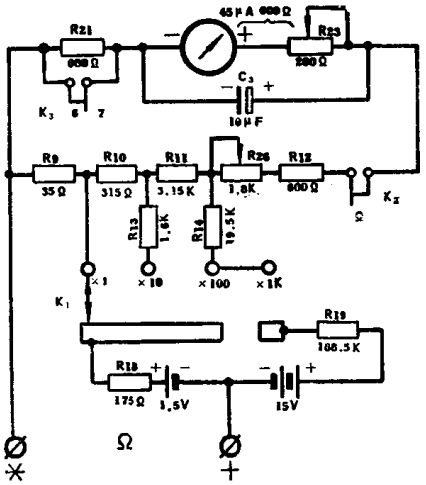


图5—50.6 电阻测量电路

(51) MF14型 万 用 表

（上海遵义电表厂）

一、用途和构造

1. MF14型万用表共有三十三档量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压和直流电阻。

2.仪表采用低灵敏度，故电路内除一个×1K电阻量程采用了一只 67K 炭膜电阻外，其它量程全部采用线绕电阻，因而仪表精度较高，工作稳定可靠。

3.采用黑色胶木外壳，并设有密封装置。面板上装有转换开关一只、零欧姆调整器一只和接线端子两个。表面倾斜，便于测读。

4.电阻测量采用1.5伏 2 号电池一节（×1～×100档用）；15伏迭层电池一节（×1K档专用）。附件闭合器为外接电源，可代替15伏电池装入电池盒中使用。

5.外形尺寸为220×145×100毫米，重量约 2 公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-1-2.5-10-25-100-250mA-1-5A		±1.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-25-100-250-500-1000V	1KΩ/V	±1.5	
交流电流	0-2.5-10-25-100-250mA-1-5A		±2.5	
交流电压	0-2.5V	100Ω/V	±2.5	
	0-10-25-100-250-500-1000V	400Ω/V		

测量范围		灵敏度	基本误差（%）	误差表示方法
电阻	中心值：75、750Ω、7.5、75KΩ 倍　数：R×1、×10、×100、×1KΩ 范　围：0-10-100KΩ-1-10MΩ		±1.5	以刻度尺全长的百分数表示

2.表头参数：

灵敏度：158.5－160微安；

内　阻：110± 6 欧姆；

线　径：0.05毫米；

圈　数：200匝；

游　丝：

力　矩：17毫克·厘米/90°；

外　径：9 毫米；

圈　数：5 。

三、电路图

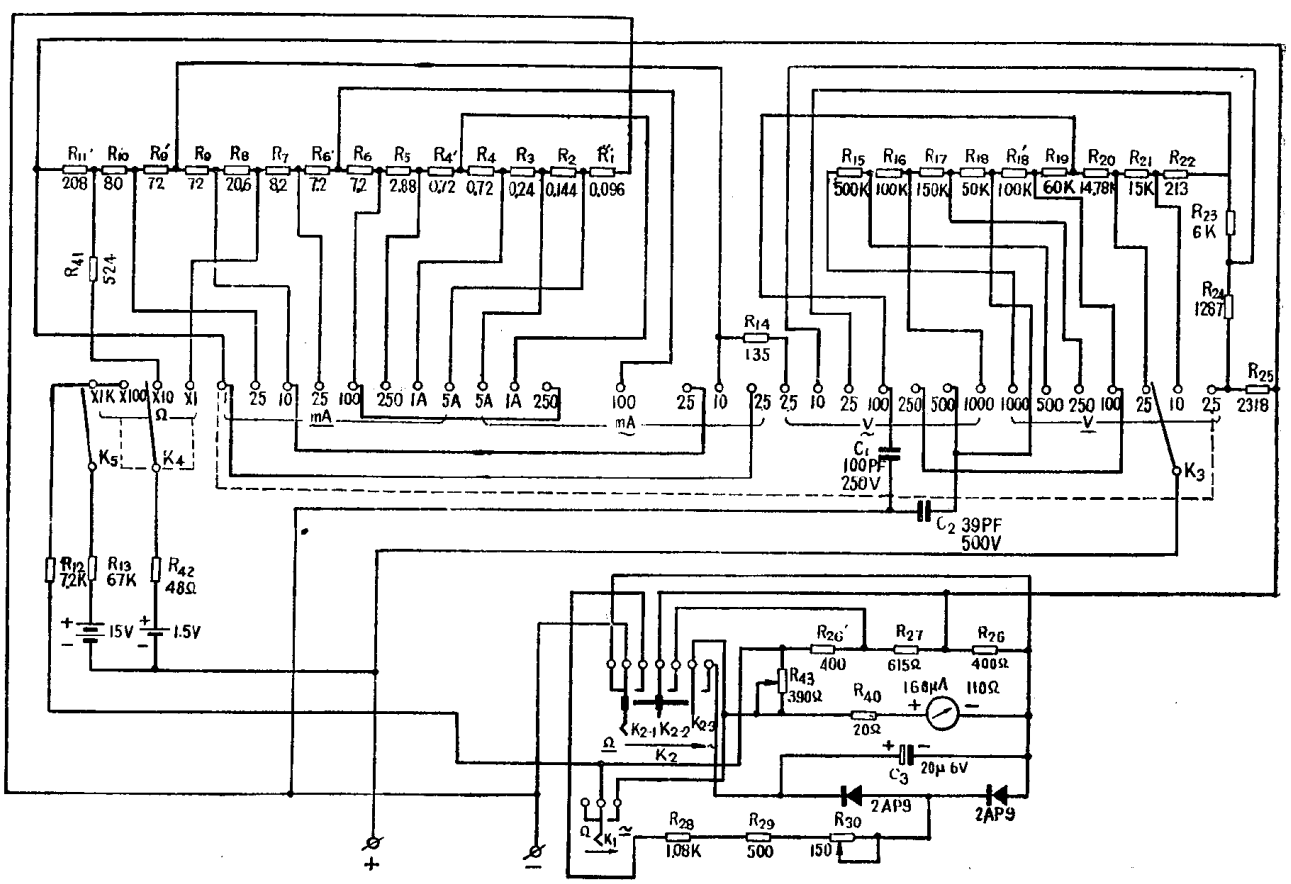


图 5—51.1　MF14型万用表总电路图

（有的C_1接至又250V档）

MF14 型万用表元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	0.096Ω	R_{18}	线绕电阻	50KΩ±0.5%
R_2	线绕电阻	0.144Ω	R_{19}	线绕电阻	60KΩ±0.5%
R_3	线绕电阻	0.24Ω	R_{20}	线绕电阻	14.78KΩ±0.5%
R_4	线绕电阻	0.72Ω（二个）	R_{21}	线绕电阻	15KΩ±0.5%
R'_4	线绕电阻	0.72Ω（二个）	R_{22}	线绕电阻	213Ω
R_5	线绕电阻	2.88Ω	R_{23}	线绕电阻	6KΩ
R_6	线绕电阻	7.2Ω（二个）	R_{24}	线绕电阻	1287Ω
R'_6	线绕电阻	7.2Ω（二个）	R_{25}	线绕电阻	2318Ω
R_7	线绕电阻	8.2Ω	R_{26}	线绕电阻	400Ω（二个）
R_8	线绕电阻	20.6Ω	R_{27}	线绕电阻	615Ω
R_9	线绕电阻	72Ω（二个）	R_{28}	线绕电阻	1080Ω
R'_9	线绕电阻	72Ω（二个）	R_{29}	线绕电阻	500Ω
R_{10}	线绕电阻	80Ω	R_{30}	线绕电位器	150Ω
R_{11}	线绕电阻	208Ω	R_{40}	线绕电阻	20Ω
R_{12}	线绕电阻	7.2KΩ	R_{41}	线绕电阻	524Ω
R_{13}	炭膜电阻	67KΩ	R_{42}	线绕电阻	48Ω
R_{14}	线绕电阻	135Ω	R_{43}	线绕电位器	390Ω
R_{15}	线绕电阻	500KΩ±0.5%	C_1	云母电容器	100PF,250V
R_{16}	线绕电阻	100KΩ±0.5%（二个）	C_2	云母电容器	39PF,500V
R'_{16}	线绕电阻	100KΩ	C_3	电解电容器	20μF,6V
R_{17}	线绕电阻	150KΩ±0.5%			

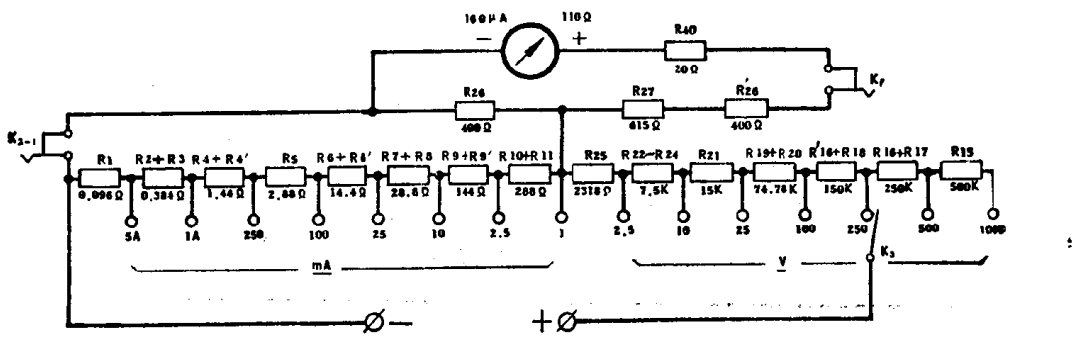


图 5—51.2　直流电流、电压测量电路

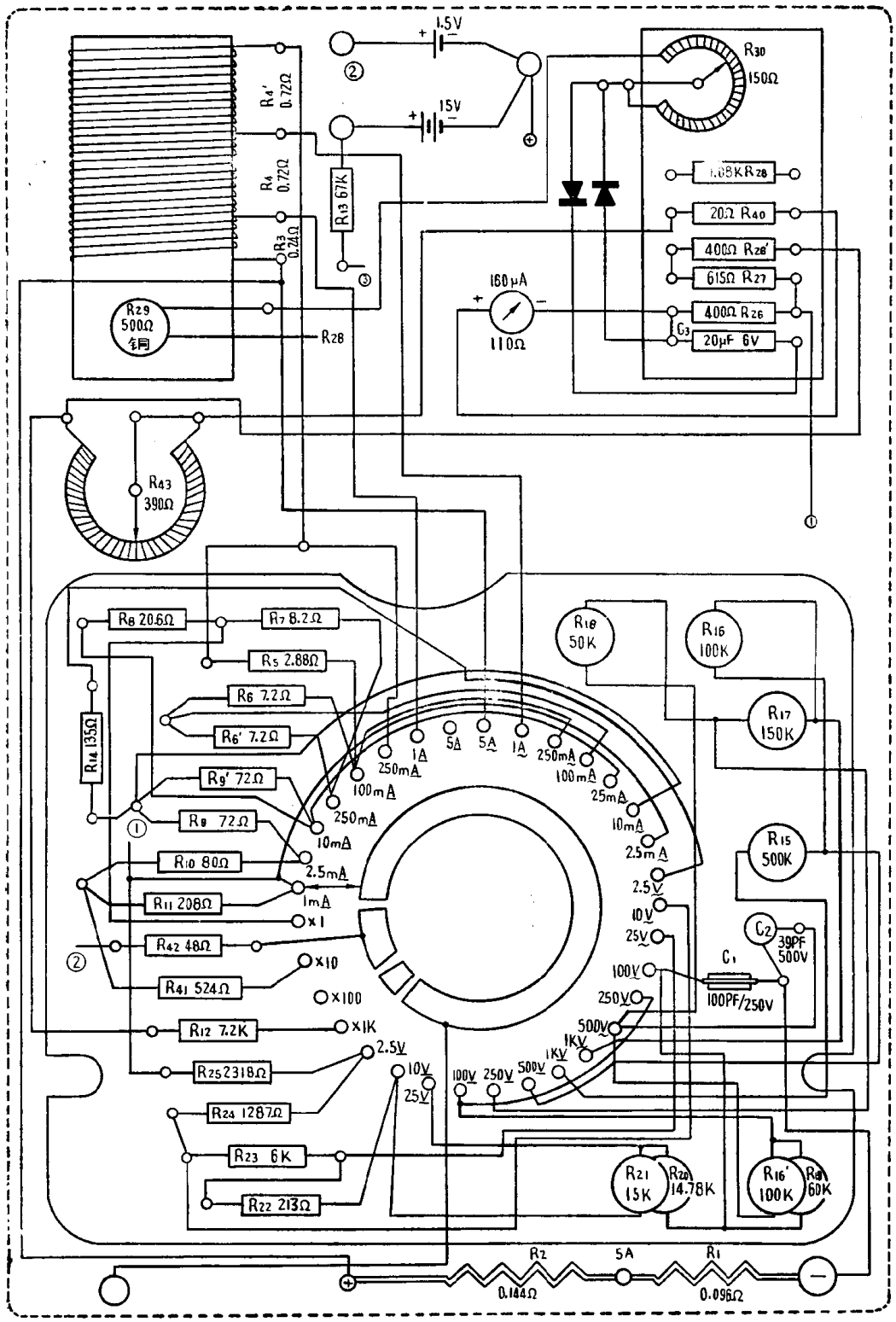


图 5—51.5 电路元件位置图

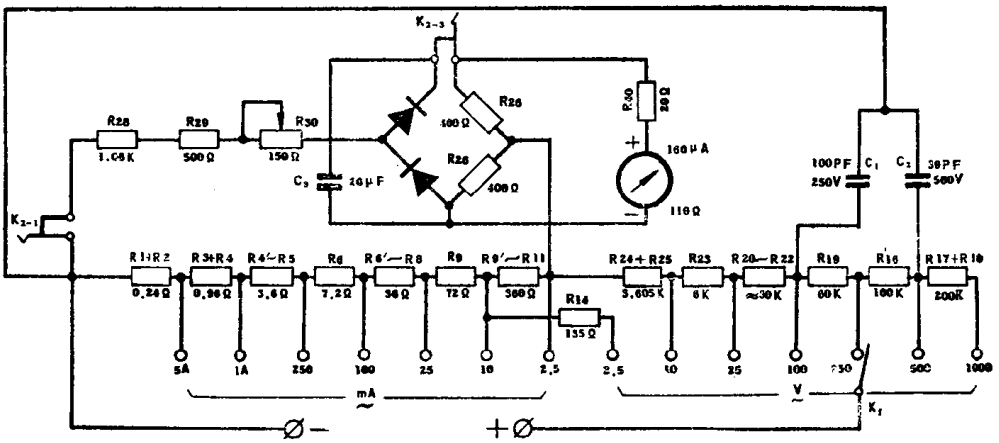


图 5—51.3　交流电流、电压测量电路

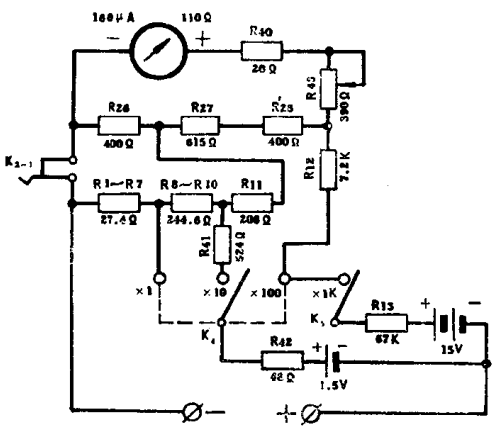


图 5—51.4　电阻测量电路

(52) MF15型袖珍万用表

(上海求精仪表厂)

一、用途和构造

1. MF15型袖珍万用表共有十五档基本量程和九个附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻、音频电平、电容量和电感量。

2.仪表面板上装有转换开关一只、零欧姆调整器一只和插孔两个。表内零件如底座、开关等用高绝缘材料制造，均经防霉处理，有良好的抗热和防湿性能。

3.电阻测量采用1.5伏 5 号笔形电池。

4.外形尺寸为132×92×43毫米；重量为0.4公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-0.5-10-100mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-10-50-250-500-1000V	2KV/Ω	±2.5	
交流电压	0-10-50-250-500-1000V	2KV/Ω	± 4	
电阻	100KΩ、1MΩ、100MΩ		±2.5	
	中心值：600Ω、6K、500K			以刻度尺全长的百分数表示
电平	-10-+62dB			
电容量	0—0.03μF			
	0—0.6μF			
电感量	10—1000H			

2.表头参数：

灵敏度：176微安（表头装入铁箱后为180微安）；　内阻：268欧姆；

线　径：0.04毫米；　圈数：500匝；

游　丝：

力　矩：10毫克·厘米/90°（7毫克·厘米/90°）；　外径：8毫米；　圈数：5。

三、电路图

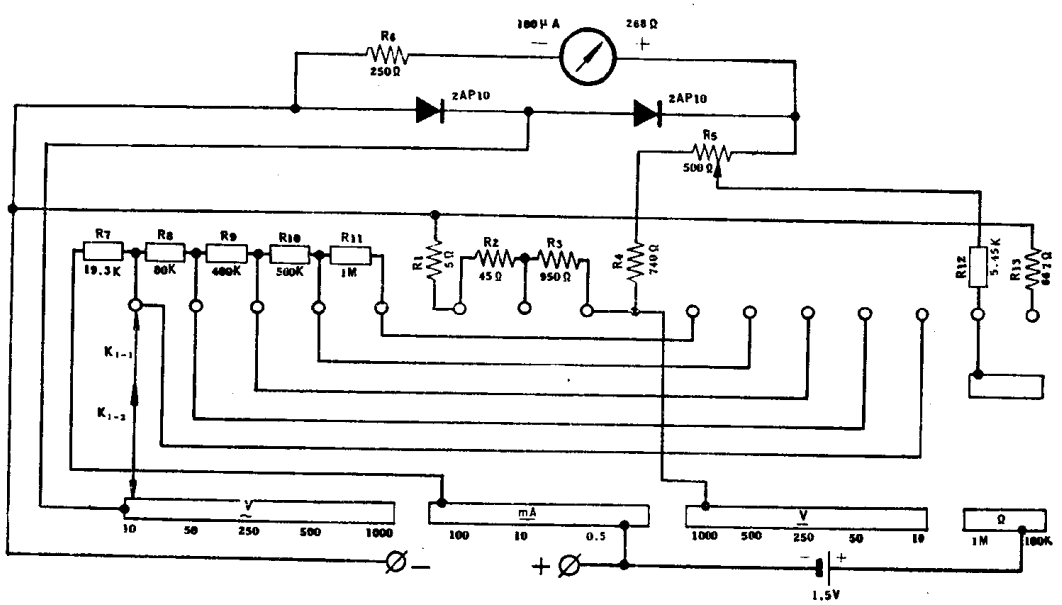


图 5—52.1　MF15型袖珍万用表总电路图

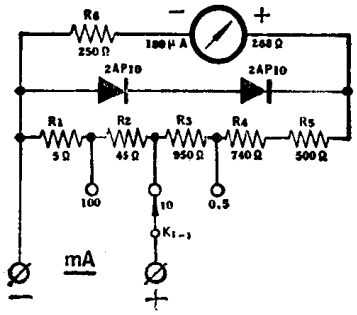


图 5—52.2　直流电流测量电路

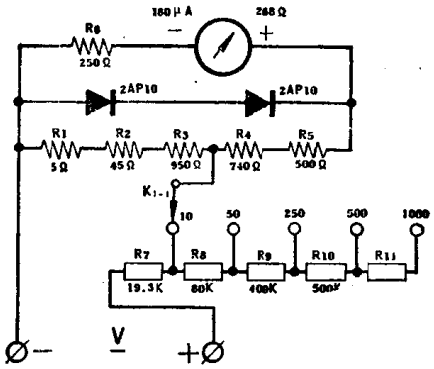


图 5—52.3　直流电压测量电路

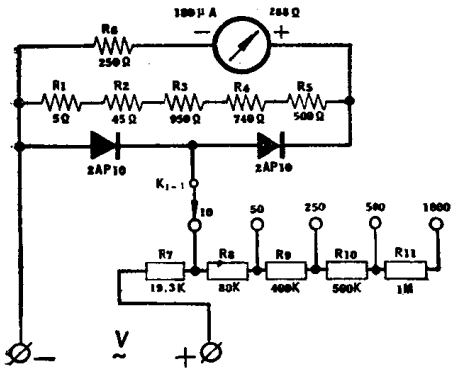


图 5—52.4　交流电压测量电路

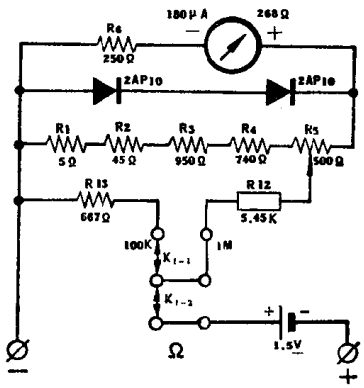


图 5—52.5　电阻测量电路

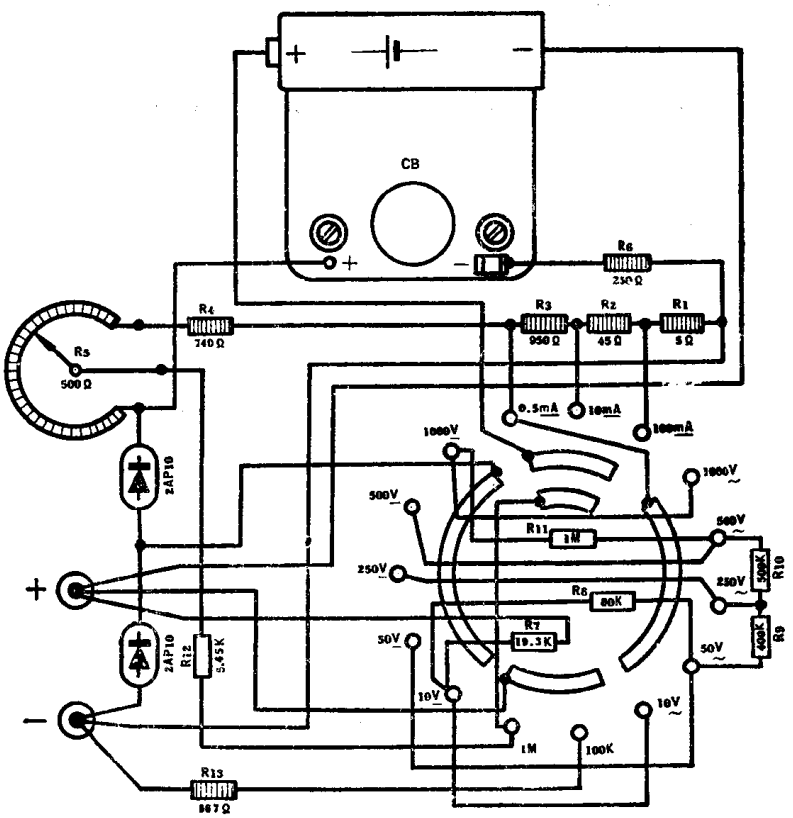


图 5—52.6　电路元件位置图

MF15型袖珍万用表元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	5Ω	R_8	炭膜电阻	80KΩ
R_2	线绕电阻	45Ω	R_9	炭膜电阻	400KΩ
R_3	线绕电阻	950Ω	R_{10}	炭膜电阻	500KΩ
R_4	线绕电阻	740Ω	R_{11}	炭膜电阻	1MΩ
R_5	线绕电位器	500Ω	R_{12}	炭膜电阻	5.45KΩ
R_6	线绕电阻	~250Ω	R_{13}	线绕电阻	667Ω
R_7	炭膜电阻	19.3KΩ			

(53) MF15A型袖珍万用表

（上海求精仪表厂）

一、用途、测量范围、灵敏度、准确度和表面刻度与MF15 型表相同；电路结构基本相同，部分元件数据不同。在外形上，MF15 型是老式的，MF15A 型比较新式，并采用有机玻璃表盖，外形尺寸为133×93×46毫米。

二、表头参数：

灵敏度：178微安；
内　阻：758欧姆；
线　径：φ0.03毫米；
圈　数：800匝；
游　丝：
力　矩：14(10)毫克·厘米/90°；
外　径：9（8）毫米。

三、电路图

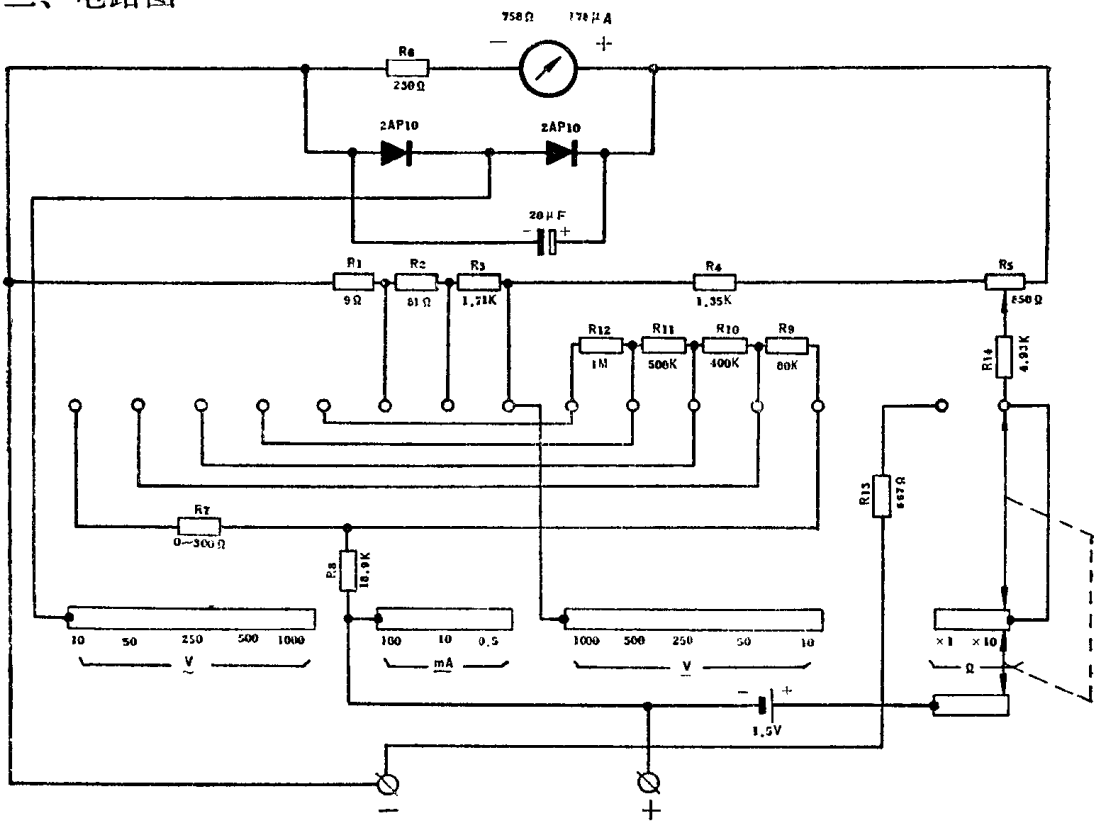


图 5—53.1　MF15A型万用表总电路图

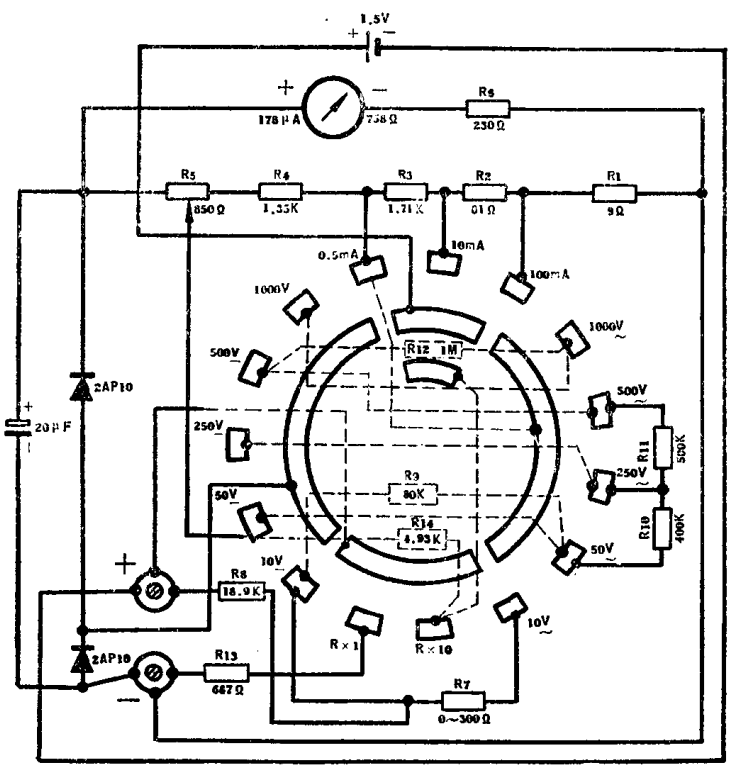


图 5—53.2　电路元件位置图

MF15-A型袖珍万用表元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	9Ω	R_8	炭膜电阻	18.9KΩ
R_2	线绕电阻	81Ω	R_9	炭膜电阻	80KΩ
R_3	线绕电阻	1.71KΩ	R_{10}	炭膜电阻	400KΩ
R_4	线绕电阻	1.35KΩ	R_{11}	炭膜电阻	500KΩ
R_5	线绕电位器	850Ω	R_{12}	炭膜电阻	1MΩ
R_6	线绕电阻	~230Ω	R_{13}	线绕电阻	667Ω
R_7	炭膜电阻	0~300Ω	R_{14}	炭膜电阻	4.93KΩ

(54) MF16型 万 用 表

(一) MF16新型袖珍万用表

(南京电表厂)

一、用途和构造

1. MF16型袖珍万用表（新型）共有十五档基本量程和四个分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻、音频电平和电容量。

2.外壳采用黑色胶木制成。面板上装有转换开关一只、零欧姆调整器一个、插孔两个。

3.电阻测量采用1.5伏5号电池一节。

4.外形尺寸为115×80×44毫米；重量为0.35公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-0.5-10-100mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-0.5-10-50-250-500V	2KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-250-500V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：60Ω、6K		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×10、×1K			
	范围：0-10K-1MΩ			
电平	-10-+56dB(刻度为-10-+22dB)			
电容量	0.0001-0.03μF			

2.表头参数：

灵敏度：≤157微安；

内　阻：680欧姆；

线　径：ϕ0.03毫米；

圈　数：7005匝；

游　丝：

力　矩：12毫克·厘米/90°；

外　径：8.5毫米；

圈　数：6。

三、电路图

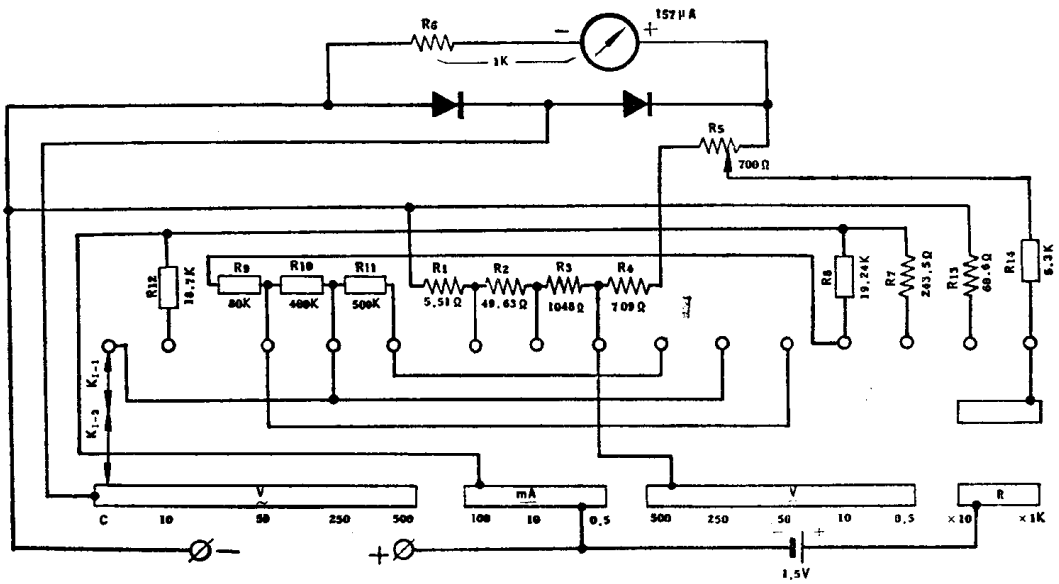


图 5 —54.1　MF16新型袖珍万用表总电路图

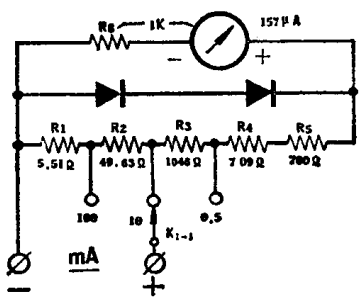


图 5 —54.2　直流电流测量电路

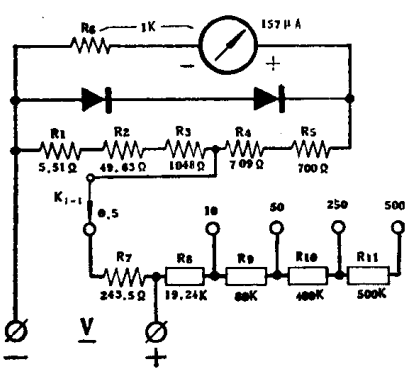


图 5 —54.3　直流电压测量电路

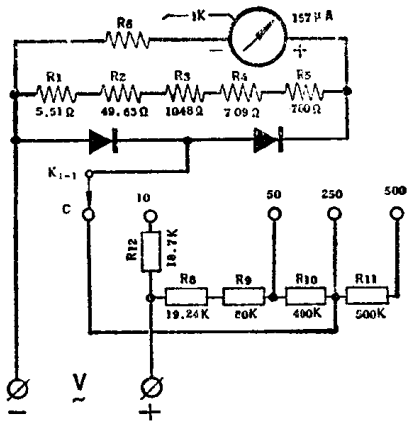


图 5—54.4　交流电压测量电路

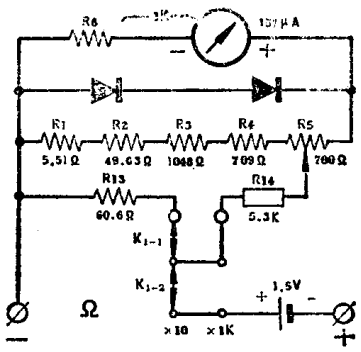


图 5—54.5　电阻测量电路

MF16型(新型)袖珍万用表元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	5.51Ω±0.5%	R_8	炭膜电阻	19.24KΩ±1%1/4W
R_2	线绕电阻	49.63Ω±0.5%	R_9	炭膜电阻	80KΩ±1%1/4W
R_3	线绕电阻	1048Ω±0.5%	R_{10}	炭膜电阻	400KΩ±1%1/4W
R_4	线绕电阻	709Ω±0.5%	R_{11}	炭膜电阻	500KΩ±1%1/4W
R_5	线绕电位器	700Ω	R_{12}	炭膜电阻	18.7KΩ±1%1/4W
R_6	线绕电阻	320Ω	R_{13}	线绕电阻	60.6Ω±0.5%
R_7	线绕电阻	243.5Ω±0.5%	R_{14}	炭膜电阻	5.3KΩ±1%1/4W

(二) MF16老型袖珍万用表

(南京电表厂)

MF 16型（老型）万用表是1964年以前的产品，其外形、外形尺寸、构造、电路、准确度、表面刻度等均与MF16型（新型）相同。但表头参数和元件数据不同，列于下表。

MF16型老型袖珍万用表元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	3.54Ω	R_9	炭膜电阻	80KΩ
R_2	线绕电阻	31.86Ω	R_{10}	炭膜电阻	400KΩ
R_3	线绕电阻	673Ω	R_{11}	炭膜电阻	500KΩ
R_4	线绕电阻	436Ω	R_{12}	炭膜电阻	19.3KΩ
R_5	线绕电位器	500Ω	R_{13}	线绕电阻	59.4Ω
R_6	线绕电阻	-	R_{14}	炭膜电阻	5.5KΩ
R_7	线绕电阻	518Ω	D_1、D_2	整流器	氧化铜
R_8	炭膜电阻	19.5KΩ			

（三）MF16型万用表

（南京金川电表厂）

一、该表用途、构造、灵敏度、准确度、表面刻度等均与MF16型（新型）相同，测量范围除直流电流和电阻外也相同。

直流电流：0～50～500～2500mA

电　　阻：0～1KΩ～100KΩ（×1和×100），中心值为6和600Ω

二、表头参数

灵敏度：<160微安；

内　阻：600欧姆。

三、电路图

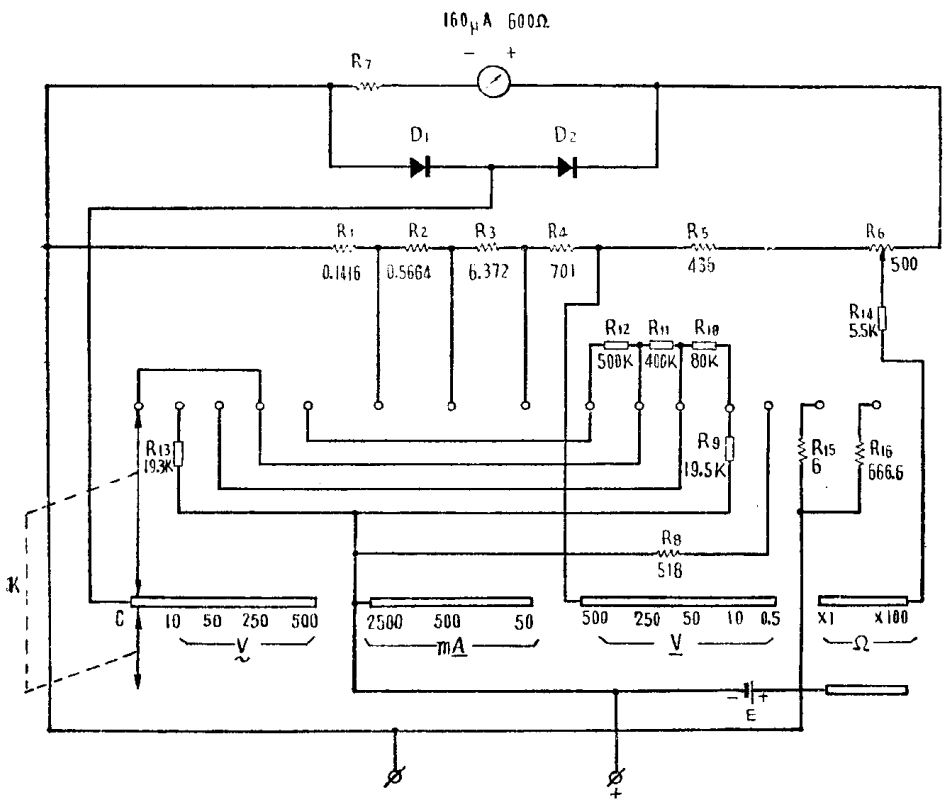


图5—54.6　MF16型万用表总电路图

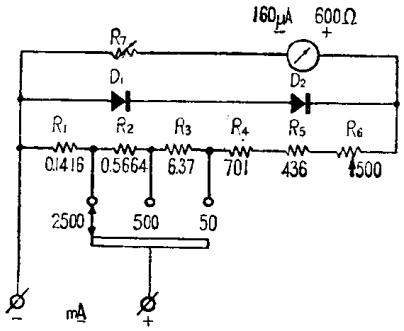


图 5—54.7　直流电流测量电路

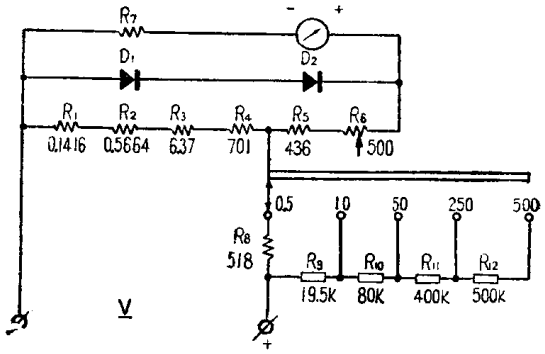


图5—54.8　直流电压测量电路

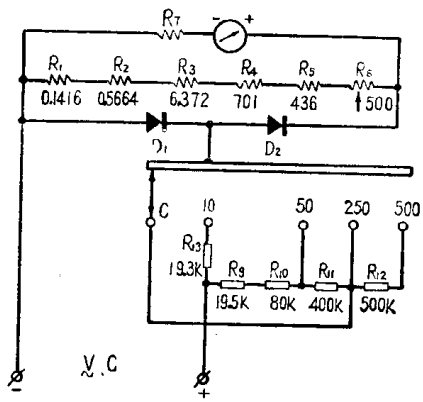


图 5—54.9　交流电压测量电路

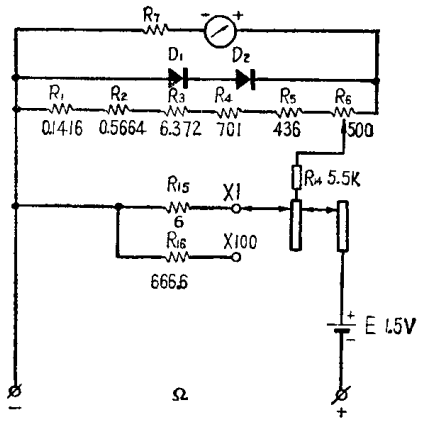


图 5—54.10　电阻测量电路

MF16型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	0.1416Ω	R_{10}	炭膜电阻	80KΩ
R_2	线绕电阻	0.5664Ω	R_{11}	炭膜电阻	400KΩ
R_3	线绕电阻	6.372Ω	R_{12}	炭膜电阻	500KΩ
R_4	线绕电阻	701Ω	R_{13}	炭膜电阻	19.3KΩ
R_5	线绕电阻	436Ω	R_{14}	炭膜电阻	5.5KΩ
R_6	线绕电位器	500Ω	R_{15}	线绕电阻	6Ω
R_7	线绕电阻	调整时选定	R_{16}	线绕电阻	666.6Ω
R_8	线绕电阻	518Ω	D_1、D_2	整流器	氧化铜
R_9	炭膜电阻	19.5KΩ	E	电池	1.5V

(55) MF18型万用表

(上海遵义电表厂)

一、用途和构造

1.MF18型万用表为多量程、携带式万用电表。共有三十档量程．可以测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压和直流电阻，适用于实验室、电信和其他电气工程中要求较高的多量程测量。此表配合附件HL27型电流互感器使用，尚可扩大交流电流量程到6安和30安。利用“150mV”档和相应的分流器，可扩大直流电流量程。

2.外壳采用酚醛塑料压制。面板上装有转换开关两只、零欧姆调整器一只和二用接线端子四个，其中“*”为公用负端。右面转换开关设有“关”档，用来切断外电路和短接表头，防止误测，损坏仪表。同时在携带时可保护表头不受损坏。

3.表面宽阔，读数清晰，并有反射镜，可提高读数准确度。

4.内部电路采用补偿电路，绝大部分均用线绕电阻，电压档分压电阻采用无感绕制。表头测量机构采用五类磁钢，并经过老化处理。

5.电阻测量采用1.5伏2号电池一节（×1～×1K档用）；9伏迭层电池一节（×10K档专用）。电池盒在表底面，换电方便。

6.外形尺寸为190×180×100毫米；重量约2公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-60μA-1.5-7.5-15-75-300-1500mA		±1	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-150mV-1.5-7.5-15-75-300-600V	20KΩ/V	±1	
交流电流	0-1.5-7.5-15-75-300-1500mA		±1.5	
交流电压	0-7.5-15V	133Ω/V	±1.5	
	0-75-300-600V	2KΩ/V		
电阻	中心值：12、120Ω、1.2、12、120KΩ		±1	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100、×1、×10K			
	范围：0-2-20-200KΩ-2-20MΩ			

2.表头参数：

灵敏度：45微安；　内阻：330±17欧姆；　线径：0.04毫米；

圈　数：400匝；　游丝：　力矩：10毫克·厘米/90°；

外径：9毫米；　圈数：5。

三、电路图

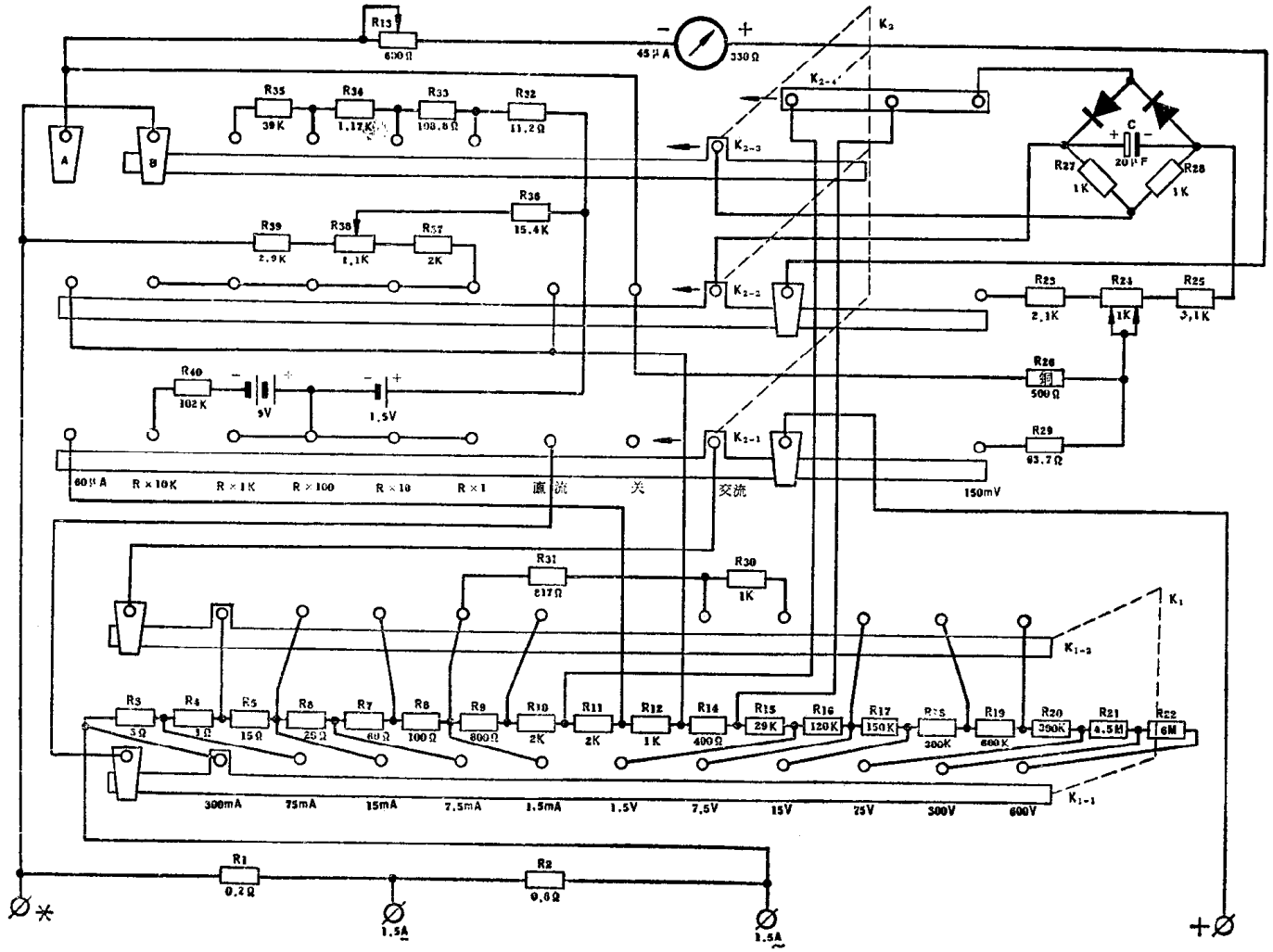


图 5—55.1　MF18型万用表总电路图

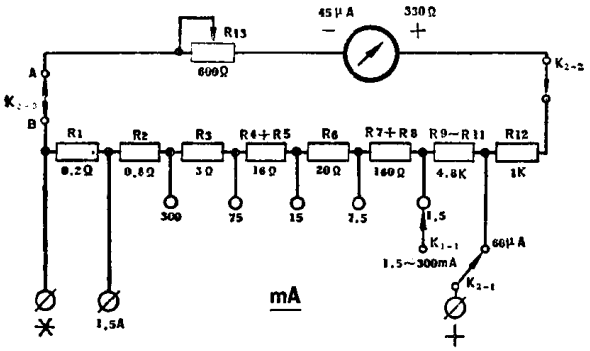


图 5—55.2　直流电流测量电路

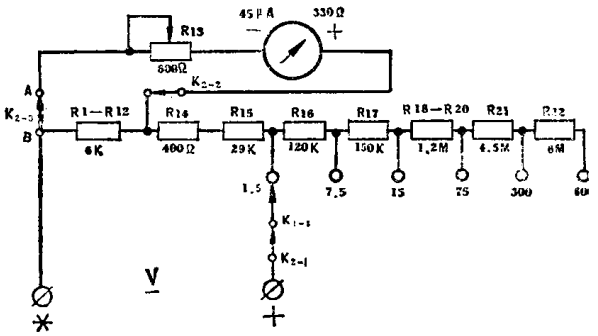


图 5—55.3　直流电压测量电路

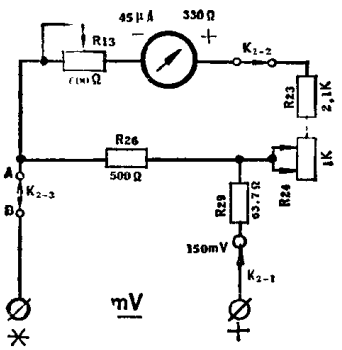


图 5—55.4　直流毫伏测量电路

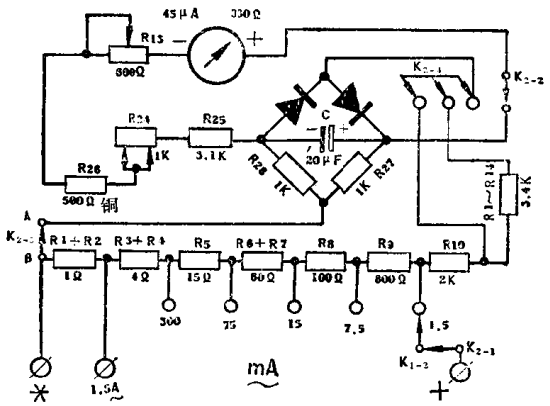


图 5—55.5　交流电流测量电路

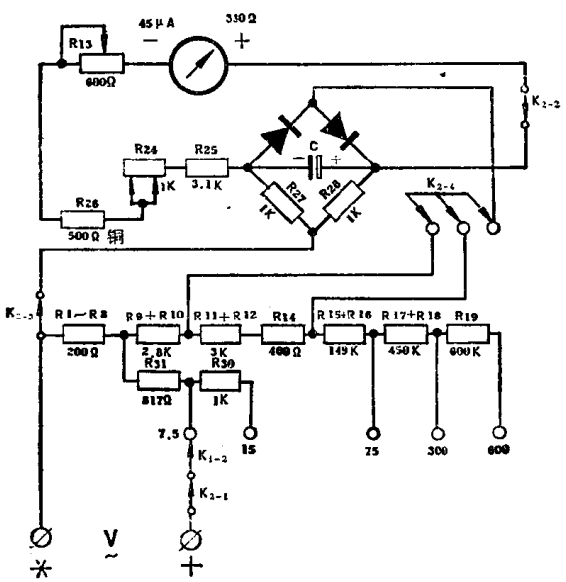


图 5—55.6　交流电压测量电路

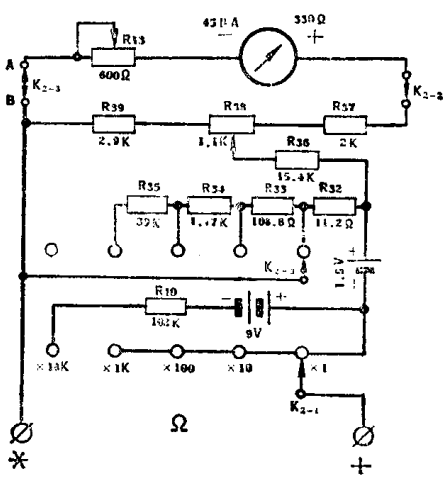


图 5—55.7　电阻测量电路

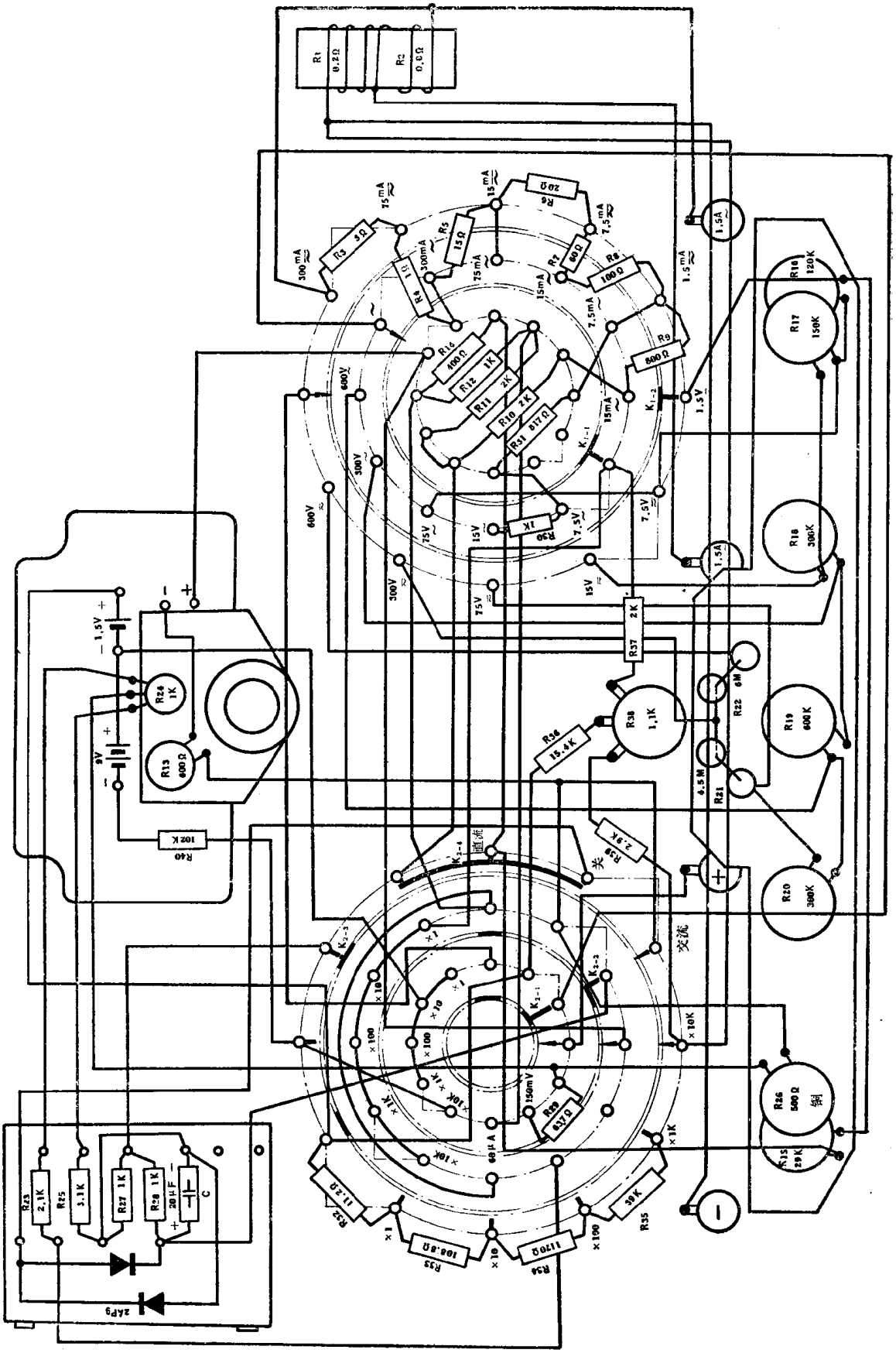


图 5—55.8 电路元件位置图

MF18型万用表元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	0.2Ω±0.25%	R_{21}	金属膜电阻	4.5MΩ
R_2	线绕电阻	0.8Ω±0.25%	R_{22}	金属膜电阻	6MΩ
R_3	线绕电阻	3Ω±0.25%	R_{23}	线绕电阻	2.1KΩ
R_4	线绕电阻	1Ω±0.25%	R_{24}	线绕电位器	1KΩ
R_5	线绕电阻	15Ω±0.25%	R_{25}	线绕电阻	3.1KΩ
R_6	线绕电阻	20Ω±0.25%	R_{26}	线绕电阻	500Ω
R_7	线绕电阻	60Ω±0.25%	R_{27}	线绕电阻	1KΩ
R_8	线绕电阻	100Ω±0.25%	R_{28}	线绕电阻	1KΩ
R_9	线绕电阻	800Ω±0.25%	R_{29}	线绕电阻	63.7Ω
R_{10}	线绕电阻	2KΩ±0.25%	R_{30}	线绕电阻	1KΩ
R_{11}	线绕电阻	2KΩ±0.25%	R_{31}	线绕电阻	817Ω
R_{12}	线绕电阻	1KΩ±0.25%	R_{32}	线绕电阻	11.2Ω±0.25%
R_{13}	线绕电位器	600Ω±0.5%	R_{33}	线绕电阻	108.8Ω±0.25%
R_{14}	线绕电阻	400Ω±0.5%	R_{34}	线绕电阻	11.7KΩ
R_{15}	线绕电阻	29KΩ±0.5%	R_{35}	炭膜电阻	39KΩ
R_{16}	线绕电阻	120KΩ±0.5%	R_{36}	炭膜电阻	15.4KΩ
R_{17}	线绕电阻	150KΩ±0.5%	R_{37}	炭膜电阻	2KΩ
R_{18}	线绕电阻	300KΩ±0.5%	R_{38}	电位器	1.1KΩ
R_{19}	线绕电阻	600KΩ±0.5%	R_{39}	炭膜电阻	2.9KΩ
R_{20}	线绕电阻	300KΩ±0.5%	R_{40}	炭膜电阻	102KΩ

(56) MF19型 万用表

(上海遵义电表厂)

一、用途和构造

1. MF19型万用表有十八档基本量程和三个分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻和音频电平。

2. 采用黑色胶木外壳，面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整器一只和插孔两个。内部电路采用印刷开关和印刷电路。

3.电阻测量采用1.5伏2号电池一节（×1～×1K档用）；15伏迭层电池一节（×10K档专用）。电池盒在表底面，换电方便。

4.外形尺寸为190×155×80毫米；重量1.4公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度、电压降	基本误差（%）
直流电流	0—50μA—1—10—100mA	0.75V	±2.5
直流电压	0—2—10—50—250—500V	20KΩ/V	±2.5
交流电压	0—10—50—250—500V	4KΩ/V	±4
电阻	中心值：24、240Ω、2.4KΩ、24KΩ、240KΩ 倍数：×1、×10、×100、×1K、×10K 范围：0—4—40—400KΩ—4—40MΩ	—	±2.5
电平	-10～+50dB	—	±4

2.表头参数：

灵敏度：39.5微安；　内阻：2200（或2600）欧姆；

线　径：0.03毫米；　圈数：1200（或1500）匝；

游　丝：

力　矩：14毫克·厘米/90°；　外径：9毫米；　圈数：5。

三、电路图

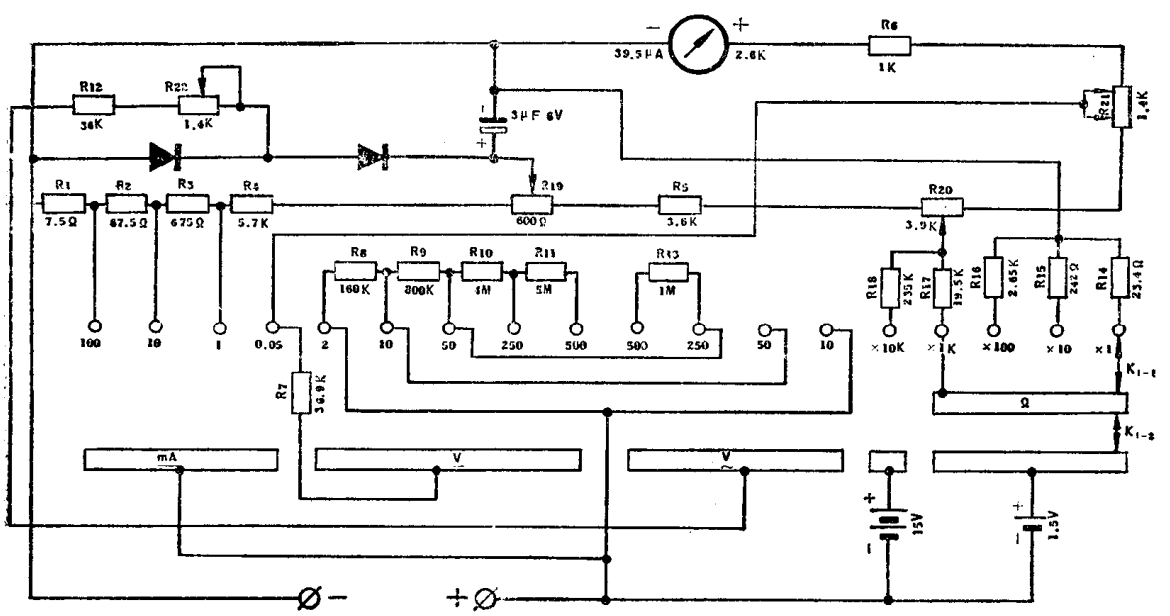


图5—56.1　MF19型万用表总电路图

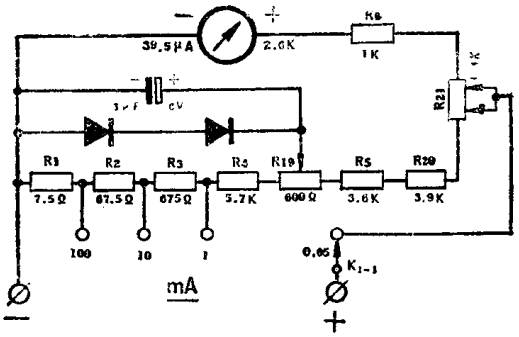


图5—56.2　直流电流测量电路

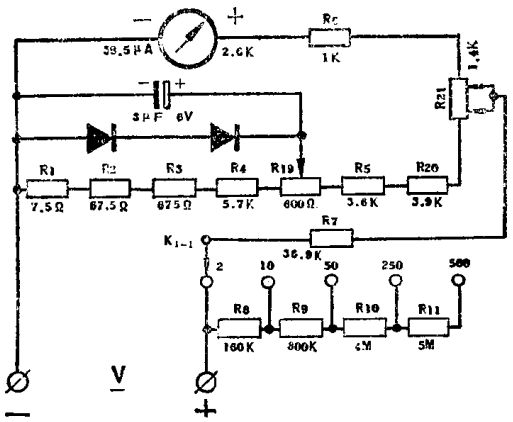


图5—56.3　直流电压测量电路

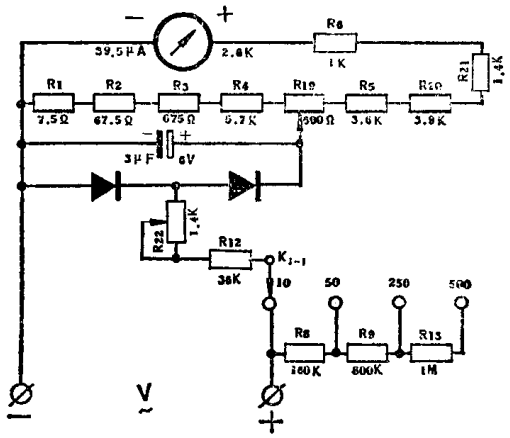


图5—56.4　交流电压测量电路

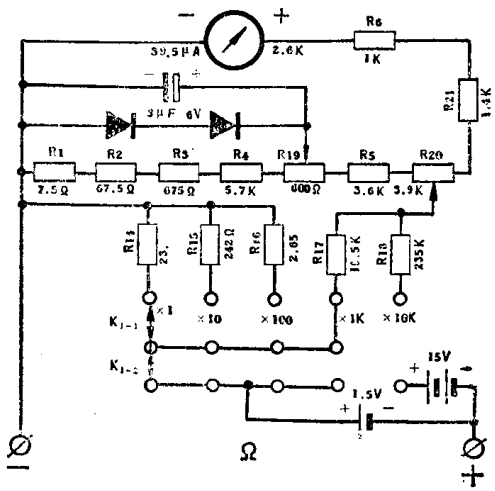
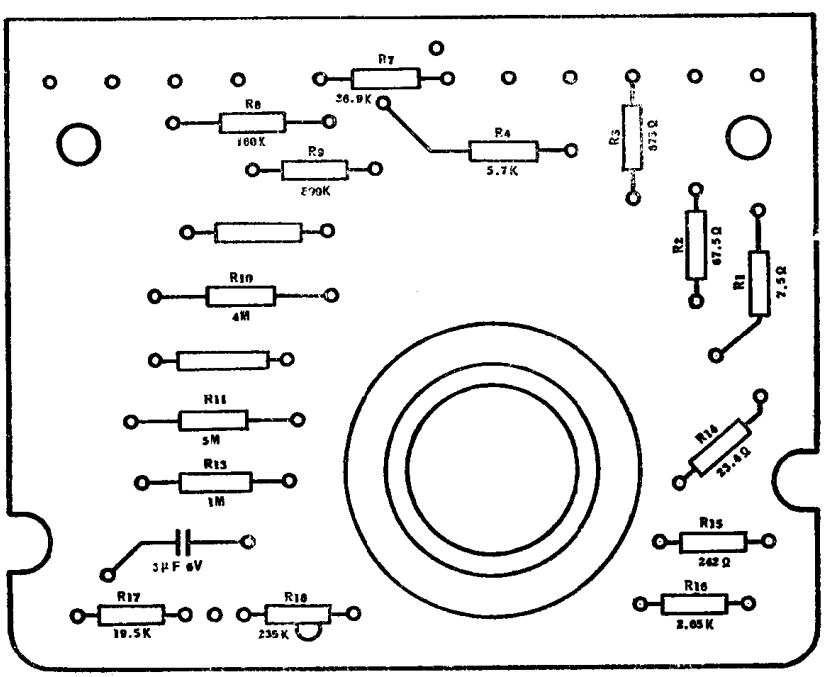


图5—56.5　电阻测量电路



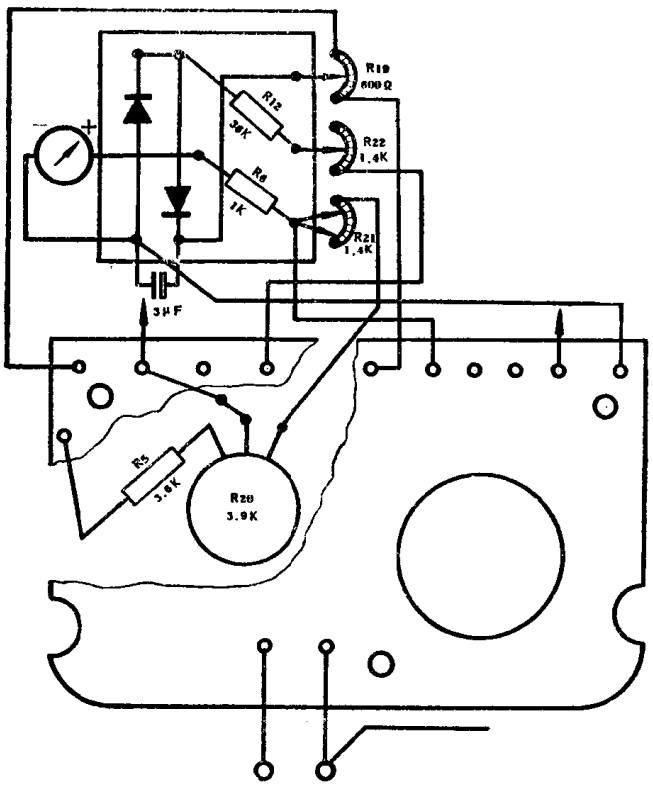


图5—56.6　电路元件位置图

MF19型万用表元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	7.5Ω±0.5%	R_{12}	炭膜电阻	RTL35KΩ
R_2	线绕电阻	67.5Ω±0.5%	R_{13}	炭膜电阻	RTL1/4W1MΩ±1%
R_3	线绕电阻	675Ω±0.5%	R_{14}	线绕电阻	23.4Ω±0.5%
R_4	炭膜电阻	RTL1/8W5.7KΩ±1%	R_{15}	线绕电阻	242Ω±0.5%
R_5	炭膜电阻	RTL1/8W3.6KΩ	R_{16}	炭膜电阻	RTL1/8W2.65KΩ±1%
R_6	炭膜电阻	1KΩ	R_{17}	炭膜电阻	RTL1/8W19.5KΩ±1%
R_7	炭膜电阻	RTL1/8W36.9KΩ±1%	R_{18}	炭膜电阻	RTL1/8W235K±1%
R_8	炭膜电阻	RTL1/8W160KΩ±1%	R_{19}	线绕电位器	600Ω
R_9	炭膜电阻	RTL1/4W800KΩ±1%	R_{20}	电位器	3.9KΩ
R_{10}	金属膜电阻	RJJ-2½W4MΩ±1%	R_{21}	线绕电位器	1.4KΩ
R_{11}	金属膜电阻	RJJ-2½W5MΩ±1%	R_{22}	线绕电位器	1.4KΩ

(57)MF20型晶体管万用表

(上海遵义电表厂)

一、用途和构造

1. MF20型万用表是一种带有晶体管放大器的携带式多量程电表。仪表共有三十一档基本量程和分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、直流电阻和音频电平。

2.仪表的直流部分与一般万用表相同，交流部分由于采用了放大器，可以测量微弱的信号电流和电压，并具有较高的输入阻抗和较宽的音频工作范围，可以代替一般的电子管电压表使用。

3.仪表为直立式结构。金属面板上装有转换开关两只、零欧姆调整器一只和两用接线端子四个，其中“+”、“-”端子用于直流测量，“～”、“⏚”用于交流测量。表盖用全透明有机玻璃制成。为了提高抗干扰性能，仪表铁制外壳接地，因此当测量工频电源时应严格与外壳绝缘。

4.仪表采用1.5伏1号电池四节，供交流测量时作电源和直流电阻×10K档测量使用，其中一节用于电阻档×1～×1K档。由于放大器用电池作电源，故可用于无交流电和移动测量场合。交流测量时，放大器的全部消耗电流为8～10毫安。电池盒在底面，与内部零件隔离，换电方便。

5.仪表设有“电池电压”档，可以随时检查电池电压。检查时将左面开关放至“电池电压”位置，仪表指示即为电池工作时的电压值。如指示值低于4.5伏，表内放大器就不能正常工作，测量误差增大，此时应换新电池。当电压在4.5～5.5伏时，附加误差不超过±1%。

6.外形尺寸为260×185×170毫米；重量约3.5公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-60-300μA-1.5-6-30mA	<0.3V	±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-1.5-6-30-150-600V	20KΩ/V	±2.5	
交流电流	0-6-30-150-300μA	<15mV	±4	
	0-0.6-1.5-6-30mA			
交流电压	0-15-60-300-1500mV	333KΩ/V	±4	
	0-6-30-150-600V	总阻1M		
电阻	倍数：R×1、×10、×100、×1K、×10K		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
	范围：0-2-20-200KΩ-2-20MΩ			
电平	-70dB—0—+57dB			

2.表头参数：

灵敏度：45微安；

内　阻：330±17欧姆；

线　径：0.04毫米；

圈　数：400匝；

游　丝：

力　矩：10毫克·厘米/90°；

外　径：9毫米；

圈　数：5。

三、电路图

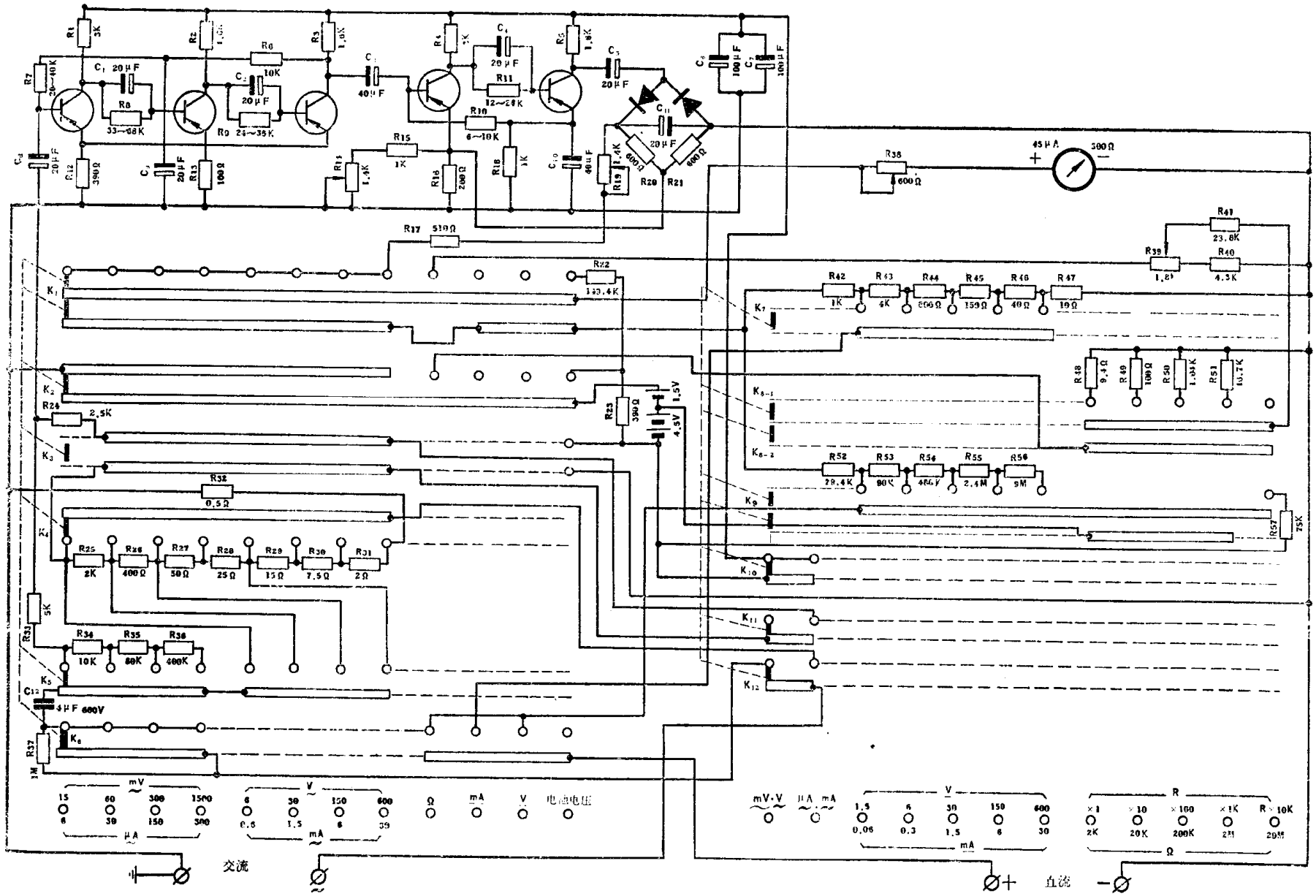


图5—57.1　MF20晶体管万用表总电路图

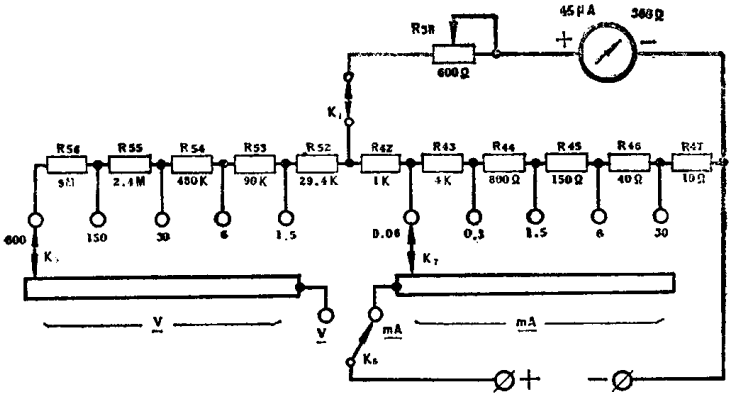


图5—57.2　直流电流电压测量电路

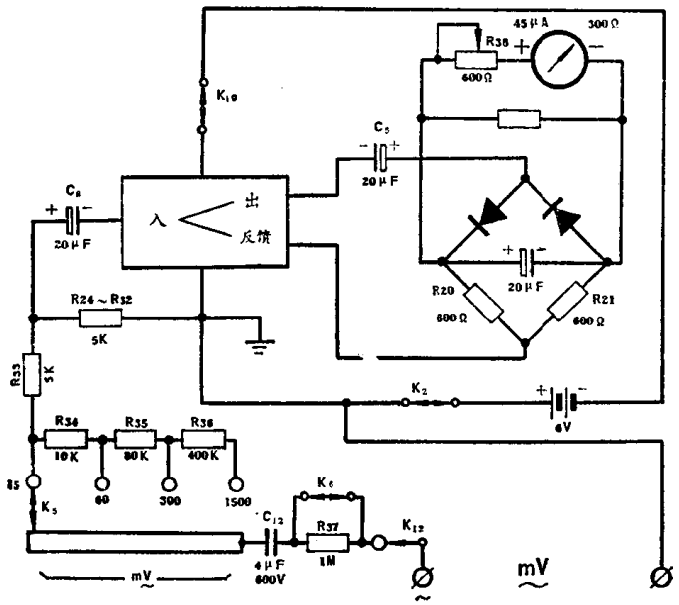


图5—57.3　交流毫伏测量电路

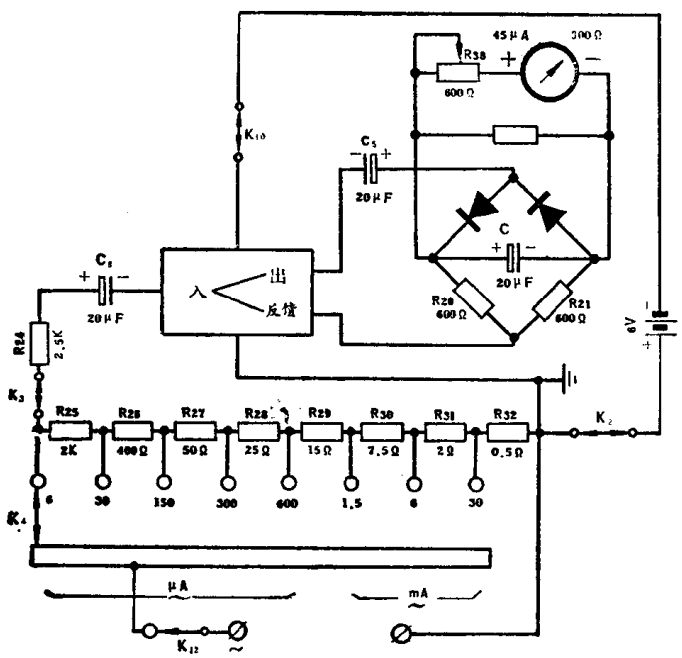


图5—57.4　交流电流测量电路

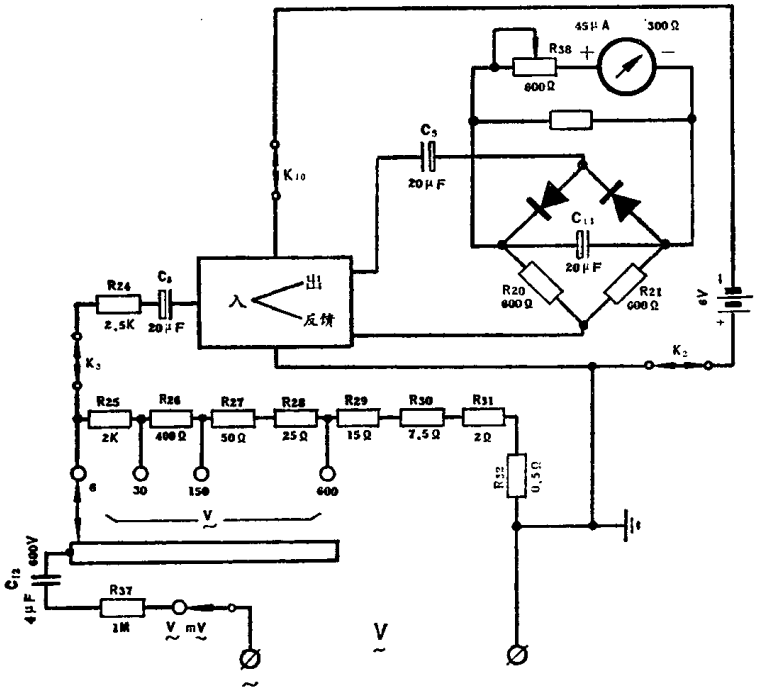


图 5—57.5　交流电压测量电路

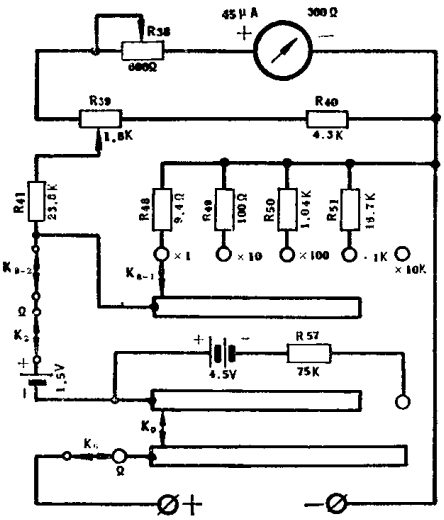


图 5—57.6　电阻测量电路

MF20型晶体管万用表元件数据表

代　号	名　称	规　格	代　号	名　称	规　格
R_1	炭膜电阻	RTL1/8W3KΩ±1%	R_{16}	炭膜电阻	RT1/4W200Ω±5%
R_2	炭膜电阻	RTL1/8W1.6KΩ±1%	R_{17}	炭膜电阻	RT1/4W510Ω±5%
R_3	炭膜电阻	RTL1/8W1.6KΩ±1%	R_{18}	炭膜电阻	RTL1/8W1KΩ±1%
R_4	炭膜电阻	RTL1/8W3KΩ±1%	R_{19}	可变电阻	1.4KΩ
R_5	炭膜电阻	RTL1/8W1.6KΩ±1%	R_{20}	炭膜电阻	RTL1/8W600Ω±1%
R_6	炭膜电阻	RT1/4W10KΩ±5%	R_{21}	炭膜电阻	RTL1/8W600Ω±1%
R_7	炭膜电阻	20～40KΩ	R_{22}	炭膜电阻	RTL1/8W149.4KΩ±1%
R_8	炭膜电阻	33～68KΩ	R_{23}	炭膜电阻	RT1/4W390Ω±5%
R_9	炭膜电阻	24～36KΩ	R_{24}	炭膜电阻	RTL1/8W2.5KΩ±1%
R_{10}	炭膜电阻	6～10KΩ	R_{25}	炭膜电阻	RTL1/8W2KΩ±1%
R_{11}	炭膜电阻	12～24KΩ	R_{26}	炭膜电阻	RTL1/8W400Ω±0.5%
R_{12}	炭膜电阻	RT1/4W390Ω±5%	R_{27}	炭膜电阻	RTL1/8W50Ω±0.5%
R_{13}	炭膜电阻	RT1/4W100Ω±5%	R_{28}	炭膜电阻	RTL1/8W25Ω±0.5%
R_{14}	可变电阻	1.4KΩ	R_{29}	炭膜电阻	RTL1/8W15Ω±0.5%
R_{15}	炭膜电阻	RT1/4W1KΩ±5%	R_{30}	炭膜电阻	RTL1/8W7.5Ω±0.5%

续表

代　号	名　　称	规　　格	代　号	名　　称	规　　格
R_{31}	炭膜电阻	RTL1/8W2Ω±0.5%	R_{51}	炭膜电阻	RTL1/8W16.7KΩ±1%
R_{32}	炭膜电阻	RTL1/8W0.5Ω±0.5%	R_{52}	炭膜电阻	RTL1/8W29.4KΩ±1%
R_{33}	炭膜电阻	RTL1/8W5KΩ±1%	R_{53}	炭膜电阻	RTL1/8W90KΩ±1%
R_{34}	炭膜电阻	RTL1/8W10KΩ±1%	R_{54}	炭膜电阻	RTL1/8W480KΩ±1%
R_{35}	炭膜电阻	RTL1/8W80KΩ±1%	R_{55}	炭膜电阻	RTL1/8W2.4MΩ±1%
R_{36}	炭膜电阻	RTL1/8W400KΩ±1%	R_{56}	炭膜电阻	RTL1/8W9MΩ±1%
R_{37}	炭膜电阻	RTL1/2W1MΩ±1%	R_{57}	炭膜电阻	RTL1/8W75KΩ±1%
R_{38}	可变电阻	RTL600Ω	C_1	电解电容器	CDX-3 20μF6V
R_{39}	线绕电位器	WX-101 1.8K±5%	C_2	电解电容器	CDX-3 20μF6V
R_{40}	炭膜电阻	RT1/4W4.3K±5%	C_3	电解电容器	CDX-3 40μF6V
R_{41}	炭膜电阻	RTL1/8W23.8K±1%	C_4	电解电容器	CDX-3 20μF6V
R_{42}	线绕电阻	1KΩ±0.5%	C_5	电解电容器	CDX-3 20μF6V
R_{43}	炭膜电阻	RTL1/8W4KΩ±1%	C_6	电解电容器	CDX-3 100μF6V
R_{44}	线绕电阻	800Ω±0.5%	C_7	电解电容器	CDX-3 100μF6V
R_{45}	线绕电阻	150Ω±0.5%	C_8	电解电容器	CDX-3 20μF6V
R_{46}	线绕电阻	40Ω±0.5%	C_9	电解电容器	CDX-3 20μF6V
R_{47}	线绕电阻	10Ω±0.5%	C_{10}	电解电容器	CDX-3 40μF6V
R_{48}	线绕电阻	9.4Ω±0.5%	C_{11}	电解电容器	CDX-3 20μF6V
R_{49}	线绕电阻	100Ω±0.5%	C_{12}	金属膜纸解电容器	CZJD-2 4μF600V
R_{50}	线绕电阻	1040Ω±0.5%	晶体管	低频管	3AX31D

(58) MF24-1型　万　用　表

(南京电表厂)

一、用途和构造

1.MF24—1型万用表共有二十八档基本量程和四个分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、直流电阻和音频电平。

2.仪表外壳用ABS塑料压制，横式结构。面板上装有转换开关一只、过载复位和表头极性换向按键各一只、插孔两个。

3.表头部分采用张丝内磁结构，灵敏度高，并设有表头极性换向装置，便于测量。表内

有电磁过载断路保护装置，用来保护表头和电路免受损害。电磁部分由3伏电池供电。仪表设有表头短接档，运输时将转换开关旋至“短”处，可避免表头受震损坏。

4.电路部分采用双层印刷开关和印刷电路。

5.采用1.5伏2号电池二节（×1～×100档用一节，蜂鸣器和表头保护装置用二节）；9伏迭层式电池一节（×1K和×10K档用）。表内有400赫蜂鸣器，用于被测电路的通断测试。当转换开关旋至“B”档位置时，如果电路通或短接，蜂鸣器则发出蜂鸣声。

6.外形尺寸为240×150×100毫米；重量2公斤。

MF24型与MF24—1型基本相同，但表头内阻为500欧姆，圈数为500匝。整流器用两个500欧电阻代替桥式整流中的两个二极管。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度、电压降	基本误差(%)
直流电流	0-50-500μA-2.5-25-250mA-1-5A	45～150mV	±1
直流电压	0-2.5V	20KΩ/V	±1.5
	0-10V		
	0-25V		
	0-100V		
	0-250V		
	0-500V		
	0-1000V		
交流电流	0-10-100mA-1-5A	0.3～0.6V	±2.5
交流电压	0—10V	1KΩ/V	±2.5
	0—50V		
	0—250V		
	0—500V		
	0—1000V		
电阻	中心值：12、120Ω、1.2、12、120KΩ		±2.5
	倍数：R×1、×10、×100、×1K、×10K		
	范围：0-1-10-100KΩ-1-10MΩ		
电平	-10-+56dB	—	±2.5

2.表头参数：

灵敏度：35微安；　内阻：500欧姆；　线径：0.04毫米；

匝　数：500匝；　游丝：　力矩：0.7—0.8毫克·厘米/90°。

三、电路图

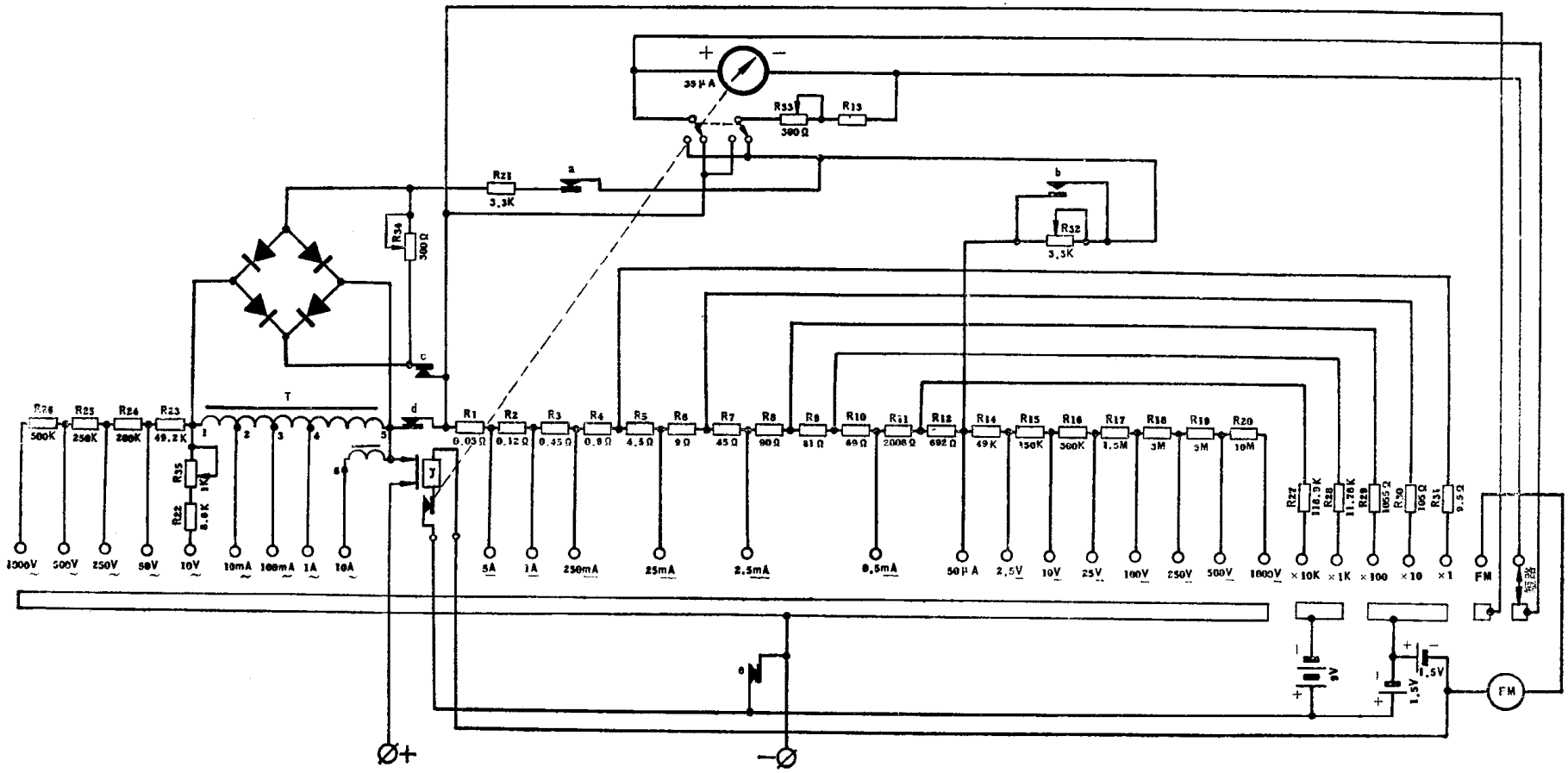


图 5 —58.1　MF24—1 型万用表总电路图

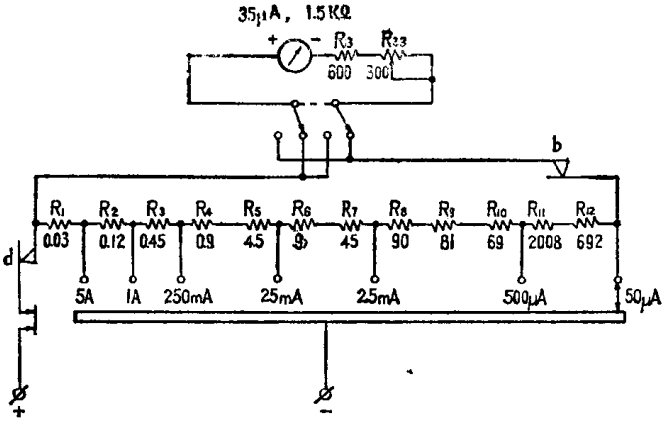


图 5—58.2　直流电流测量电路

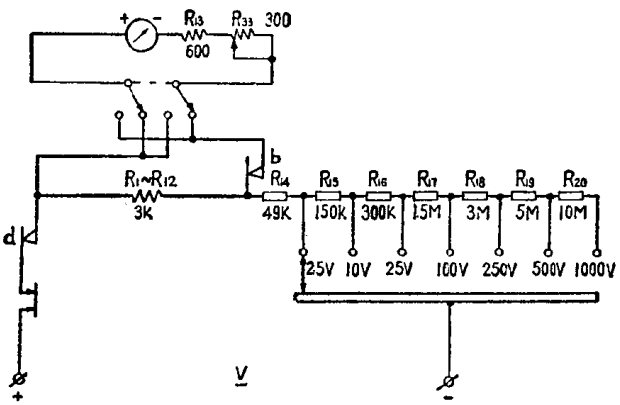


图 5—58.3　直流电压测量电路

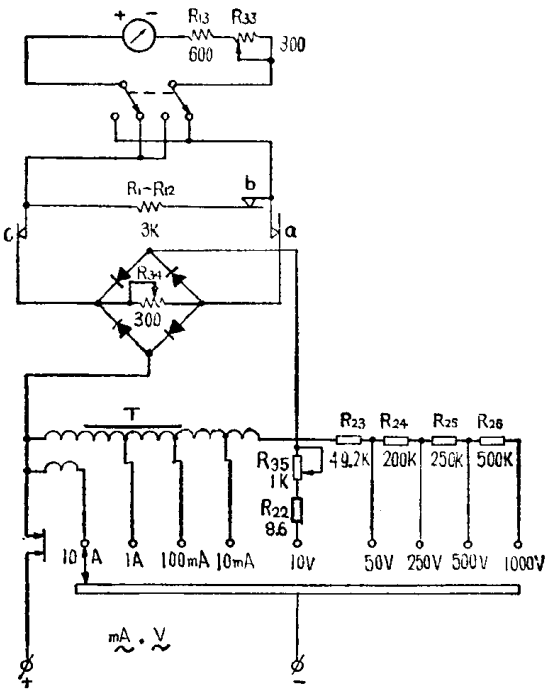


图 5—58.4　交流电流、电压测量电路

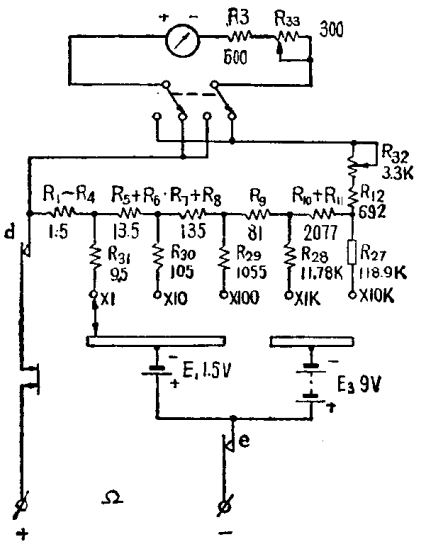


图 5—58.5　电阻测量电路

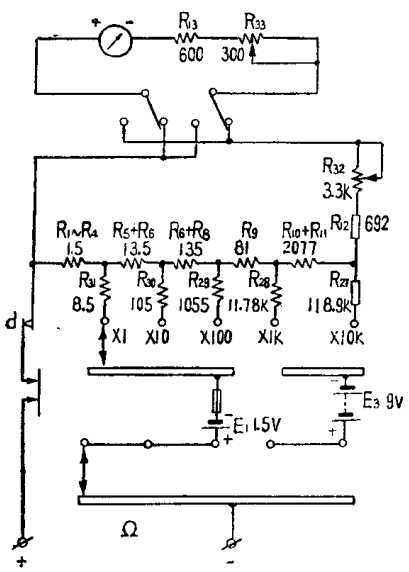


图 5—58.6　电阻测量电路（FM24型）

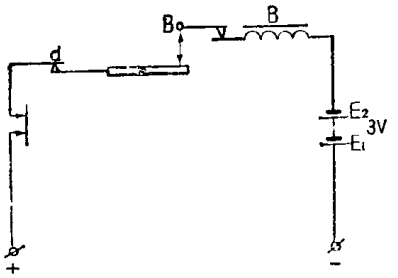


图 5—58.7　通断测试电路

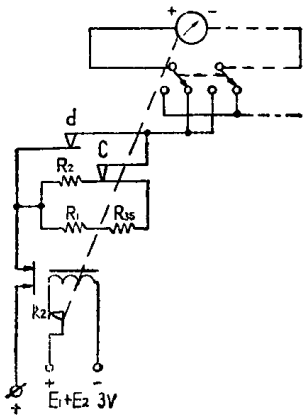


图 5—58.8　过载保护电路

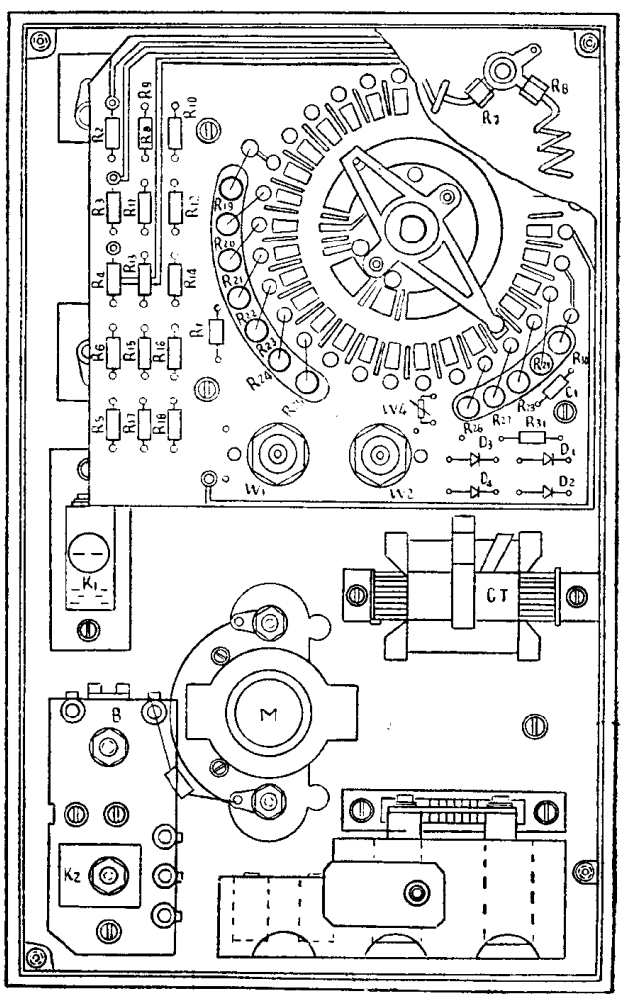


图 5—58.9　元件位置图

MF24—1型万用电表元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	0.03Ω	R_{19}	金属膜电阻	5MΩ
R_2	线绕电阻	0.12Ω	R_{20}	金属膜电阻	10MΩ
R_3	线绕电阻	0.45Ω	R_{21}	炭膜电阻	3.3KΩ
R_4	线绕电阻	0.9Ω	R_{22}	炭膜电阻	8.6KΩ(9KΩ)
R_5	线绕电阻	4.5Ω	R_{23}	炭膜电阻	49.2KΩ
R_6	线绕电阻	9Ω	R_{24}	炭膜电阻	200KΩ
R_7	线绕电阻	45Ω	R_{25}	炭膜电阻	250KΩ
R_8	线绕电阻	90Ω	R_{26}	炭膜电阻	500KΩ
R_9	线绕电阻	81Ω	R_{27}	炭膜电阻	118.9KΩ
R_{10}	线绕电阻	69Ω	R_{28}	炭膜电阻	11.78KΩ
R_{11}	线绕电阻	2008Ω	R_{29}	线绕电阻	1055Ω
R_{12}	线绕电阻	692Ω	R_{30}	线绕电阻	105Ω
R_{13}	线绕电阻	600Ω	R_{31}	线绕电阻	9.5Ω
R_{14}	炭膜电阻	49KΩ	R_{32}	线绕电位器	3.3KΩ
R_{15}	炭膜电阻	150KΩ	R_{33}	线绕电位器	300Ω(470Ω)
R_{16}	炭膜电阻	300KΩ	R_{34}	线绕电位器	300Ω(470Ω)
R_{17}	金属膜电阻	1.5MΩ	R_{35}	线绕电位器	1KΩ(510Ω)
R_{18}	金属膜电阻	3MΩ			

(59) MF25型 万 用 表

(兰州东方红电表厂)

一、用途和构造

1.MF25型万用表是原108—1型改型表，共有二十档基本量程和四个分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻和音频电平。

2.外壳用黑色胶木粉压制，并装有密封衬垫。面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整器一只和插孔三个，其中“-”为公用端。电路部分采用单面印刷电路、印刷开关。

3.电阻测量采用1.5伏2号电池一节（×1～×1K档用）；15伏迭层电池一节（×10K档专用）。电池盒在表底面，换电方便。

4.外形尺寸为190×150×80毫米；重量约1.6公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)
直流电流	0-0.5-5-50-500mA	—	±2.5
直流电压	0-2.5-10-50-250-500-2500V	5KΩ/V	±2.5
交流电压	0-10-50-100-250-500-2500V	5KΩ/V	±5
电阻	中心值：12、120Ω、12KΩ、120KΩ	—	±2.5
	倍数：×1、×10、×1K、×10K		
	范围：0-2KΩ-20KΩ-2MΩ-20MΩ		
电平	-10～+50dB	—	—

2.表头参数：

灵敏度：72.5（70）微安；

内　阻：1400±50（1500）欧姆。

三、电路图

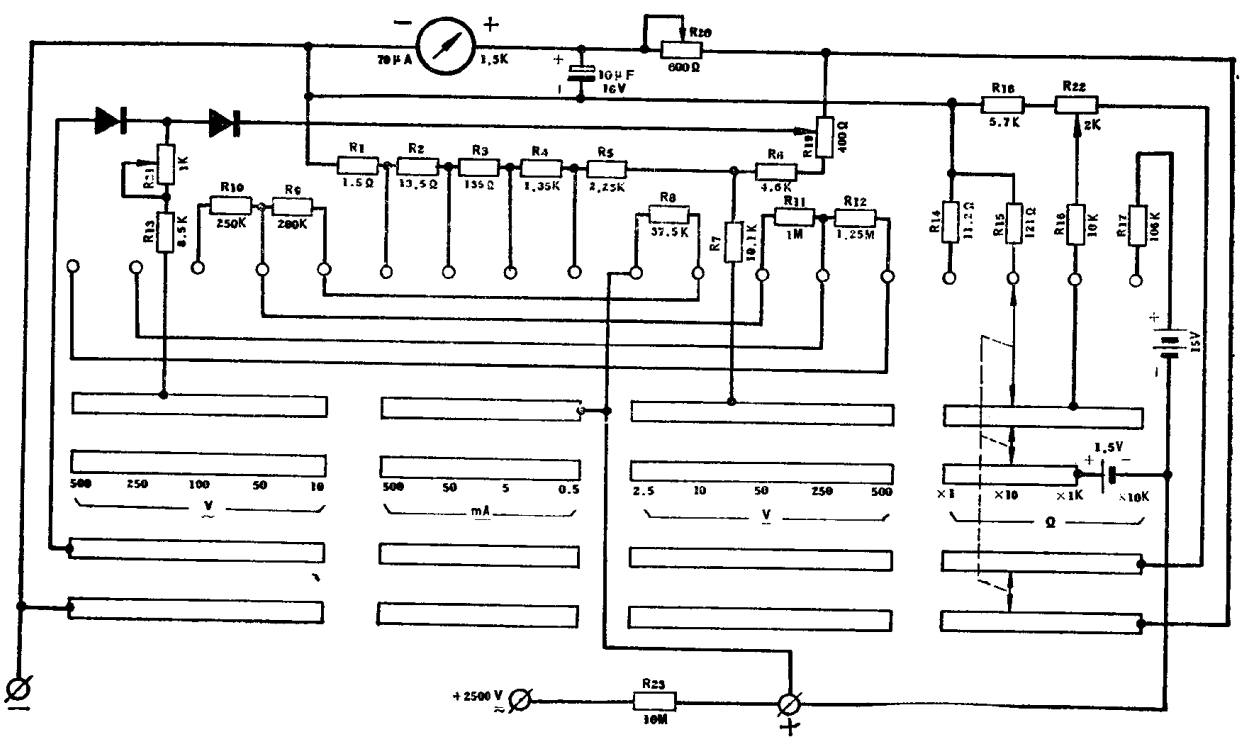


图 5—59.1　MF25型万用表总电路图（结构之一）

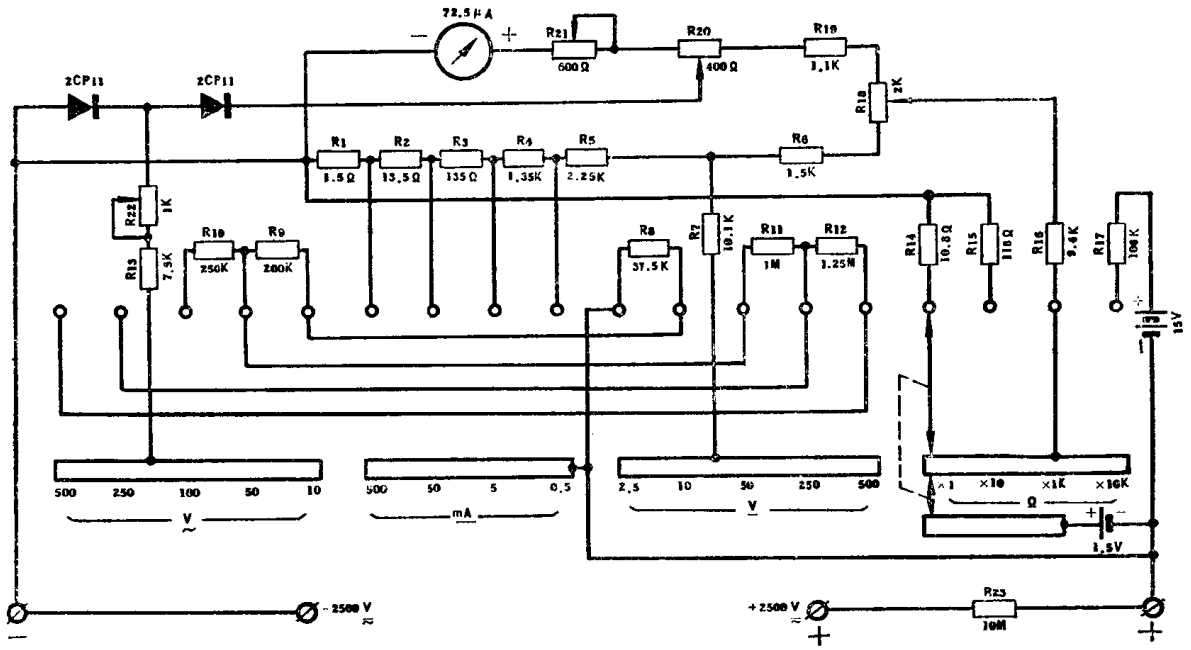


图 5—59.2　MF25型万用表总电路图（结构之二）

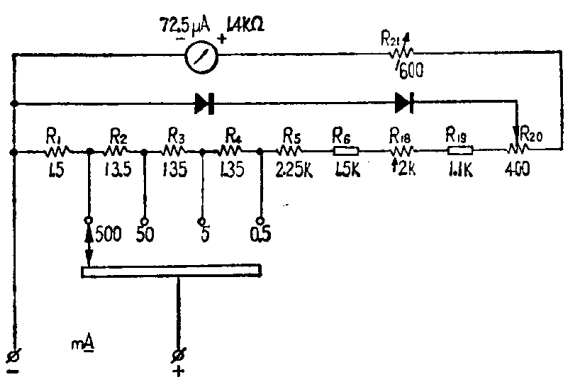


图 5—59.3　直流电流测量电路（结构之二）总电路图

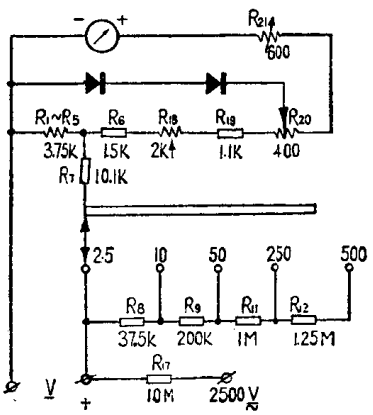


图 5—59.4　直流电压测量电路（结构之二）

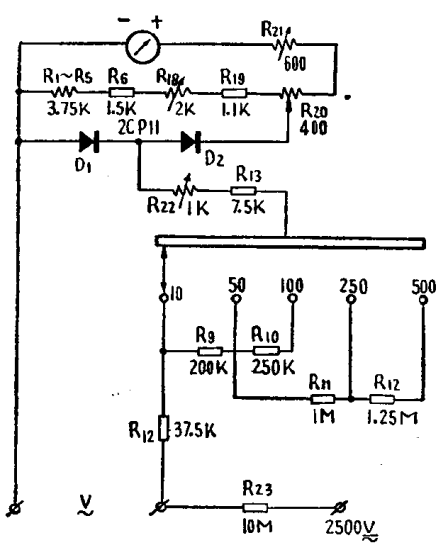


图 5—59.5　交流电压测量电路（结构之二）

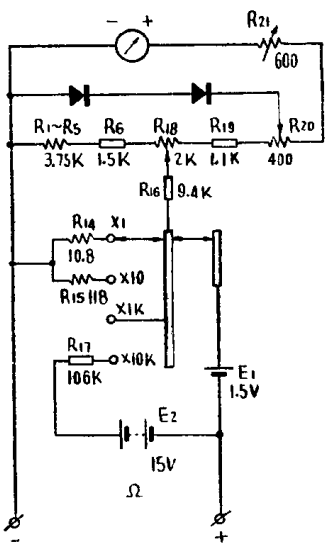


图 5—59.6　电阻测量电路（结构之二）

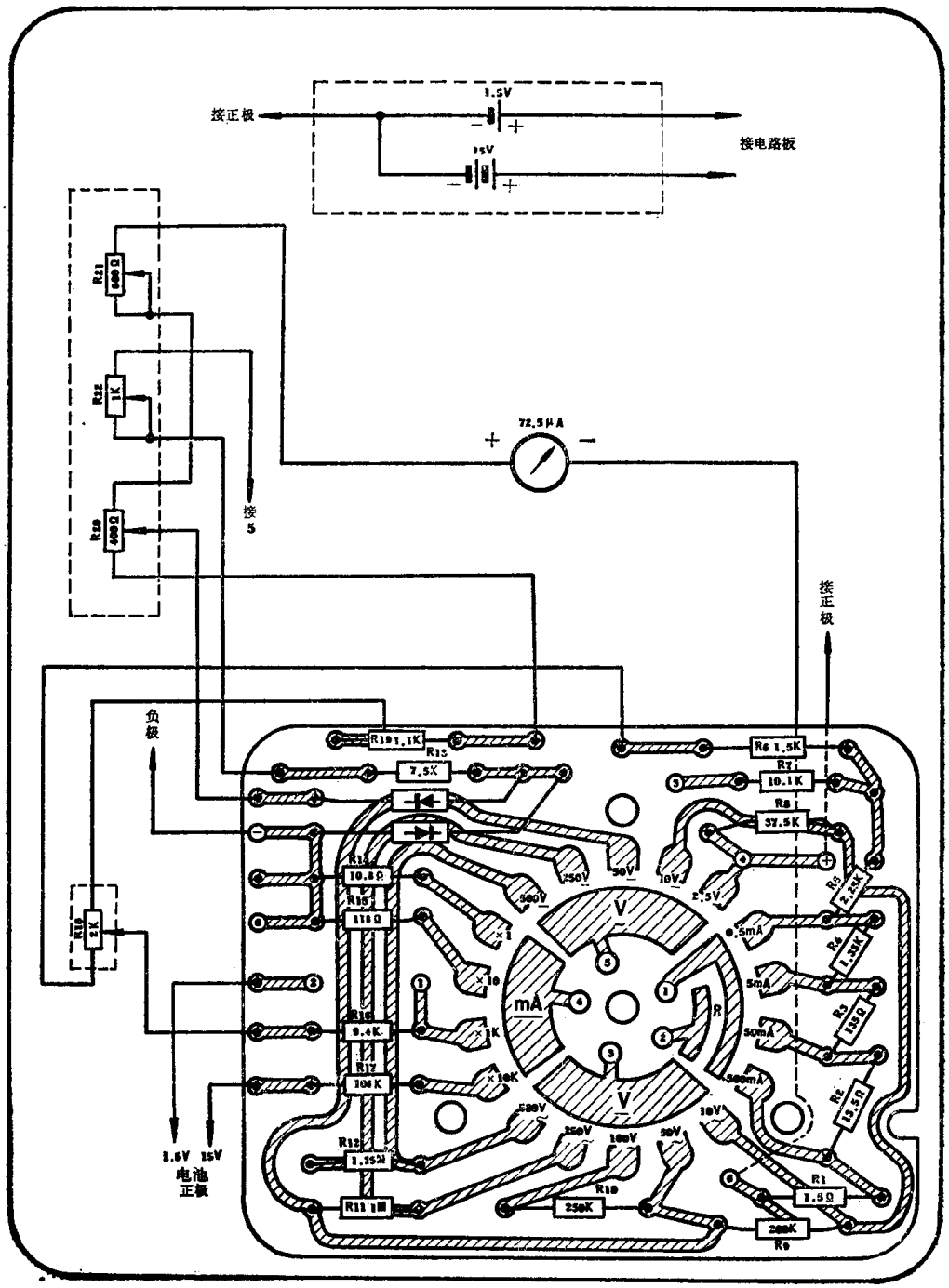


图 5—59.7　电路元件位置图（结构之二）

(60) MF26型 万 用 表

（兰州东方红电表厂）

一、用途和构造

1.MF26型万用表是原G63型改型表，共有二十档基本量程和四个分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻和音频电平。

2.仪表采用箱形硬木制外壳，有盒盖。面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整器一只和插孔四个，其中“+”为公用端。电路部分采用单面印刷电路、印刷开关。

3.电阻测量采用1.5伏2号电池一节（×1－×1K档用）；15伏迭层电池一节（×10K档专用）。电池装在表箱底部小屉内，换电方便。

4.外形尺寸为240×165×70毫米；重量约1.5公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-1-10-100-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500-2500V	5 KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-10-50-100-250-500-2500V	5 KΩ/V	± 4	
电阻	中心值：0-12Ω-1.2K-12K-120K		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×1、×100、×1K×10K			
	范围：0-2-20K-200K-20MΩ			
电平	-10-+50dB(刻度为-10—+22dB)			

2.表头参数：

灵敏度：70微安；

内　阻：1400±50欧姆。

三、电路图

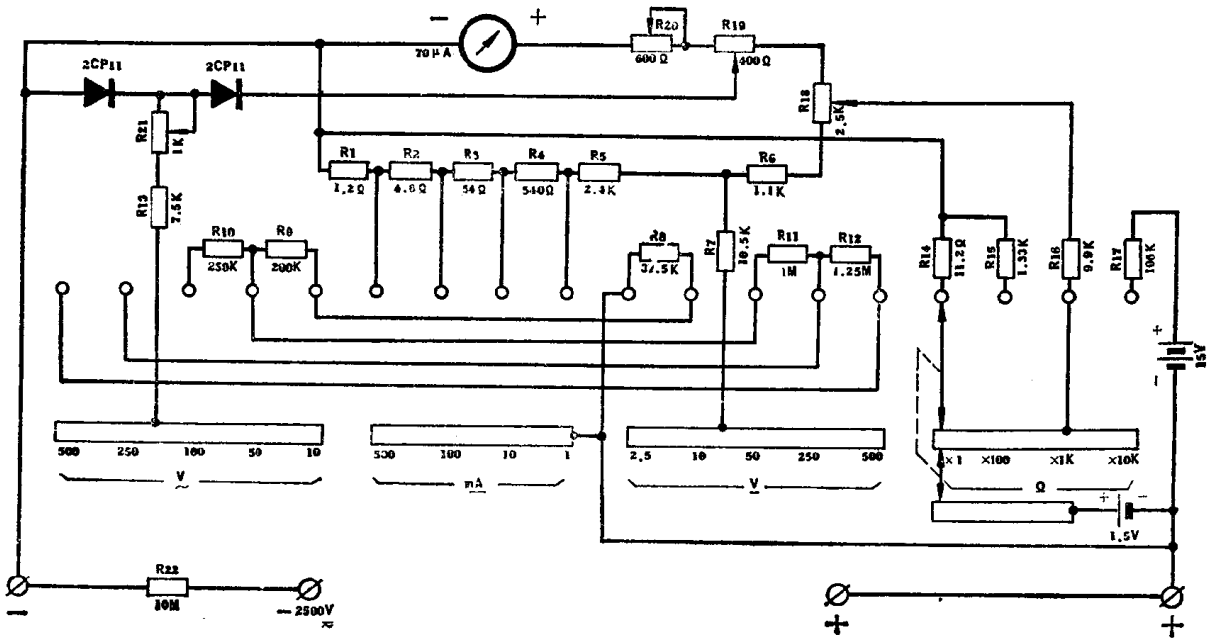


图 5—60.1　MF26型万用表总电路图

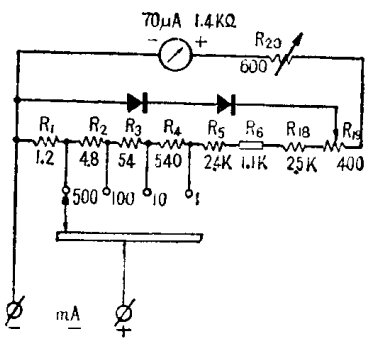


图 5—60.2　直流电流测量电路

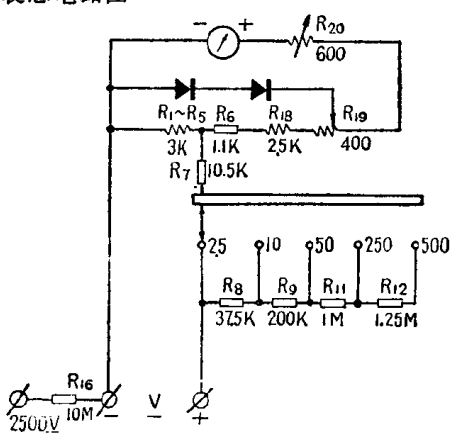


图 5—60.3　直流电压测量电路

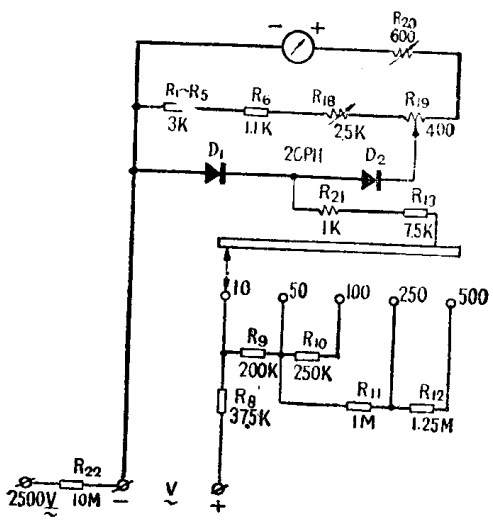


图 5—60.4　交流电压测量电路

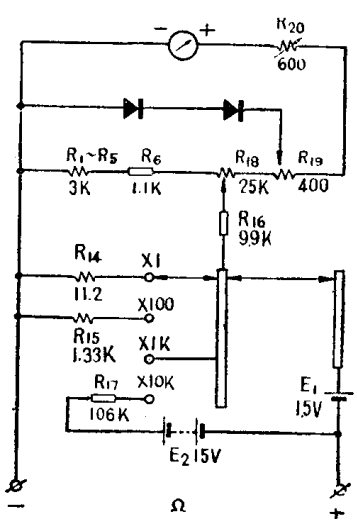


图 5—60.5　电阻测量电路

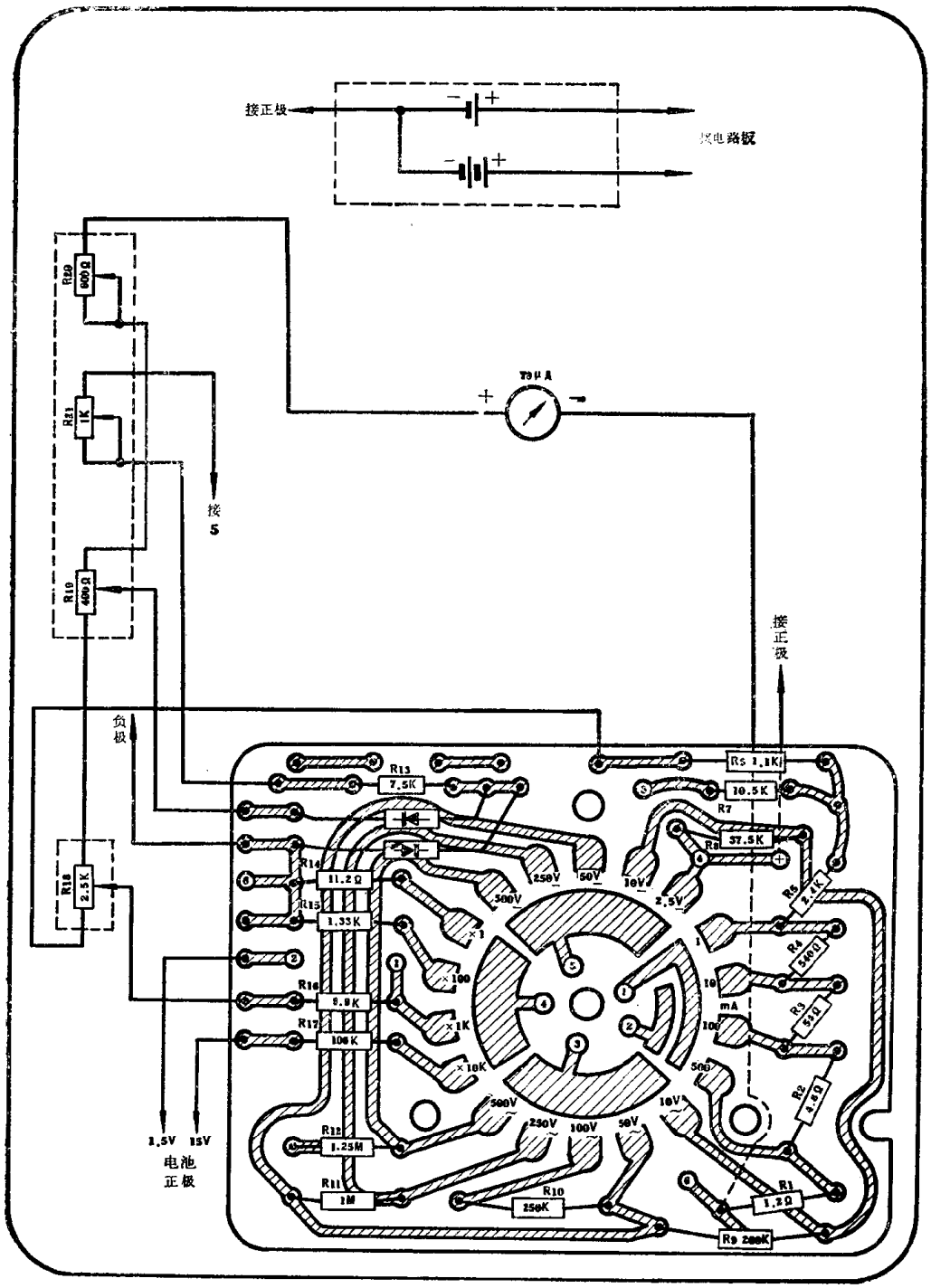


图 5 —60.6　电路元件位置图

MF26型万用电表元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1.2Ω	R_{12}	炭膜电阻	1.25MΩ
R_2	线绕电阻	4.8Ω	R_{13}	炭膜电阻	7.5KΩ
R_3	线绕电阻	5.4Ω	R_{14}	线绕电阻	11.2Ω
R_4	线绕电阻	540Ω	R_{15}	线绕电阻	1.35KΩ
R_5	线绕电阻	2.4KΩ	R_{16}	炭膜电阻	9.9KΩ
R_6	炭膜电阻	1.1KΩ	R_{17}	炭膜电阻	106KΩ
R_7	炭膜电阻	10.5KΩ	R_{18}	线绕电位器	2.5KΩ
R_8	炭膜电阻	37.5KΩ	R_{19}	线绕电位器	400Ω
R_9	炭膜电阻	200KΩ	R_{20}	线绕电位器	600Ω
R_{10}	炭膜电阻	250KΩ	R_{21}	线绕电位器	1KΩ
R_{11}	炭膜电阻	1MΩ	R_{22}		10M

(61) MF27-1型袖珍万用表

（南京电表厂）

一、用途和构造

1.MF27—1型袖珍万用表共有十五档基本量程、五个分贝附加量程和一个附加电容量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻、音频电平和电容量。

2.仪表主要部件采用热塑性塑料制成，具有良好的绝缘性能和强度。表盖用全透明有机玻璃制成。面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整器一只和插孔两个。

3.电阻测量采用1.5伏5号电池一节。

4.外形尺寸为120×80×43毫米；重量0.3公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-1-10-100mA		±5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500V	2 KΩ/V	±5	
交流电压	0-2.5-10-50-250-500V	2 KΩ/V	±5	
电阻	中心值：60Ω、6KΩ		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×10、×1K			
	范围：0-10K-1MΩ			
电平	-10-+56dB			
电容量	0.0001-0.03μF			

2.表头参数：

灵敏度：≤157微安；

内　阻：680欧姆；

线　径：0.03毫米；

圈　数：700.5匝；

游　丝：

力　矩：8毫克·厘米/90°；

内　径：3毫米；

外　径：7毫米；

圈　数：6。

三、电路图

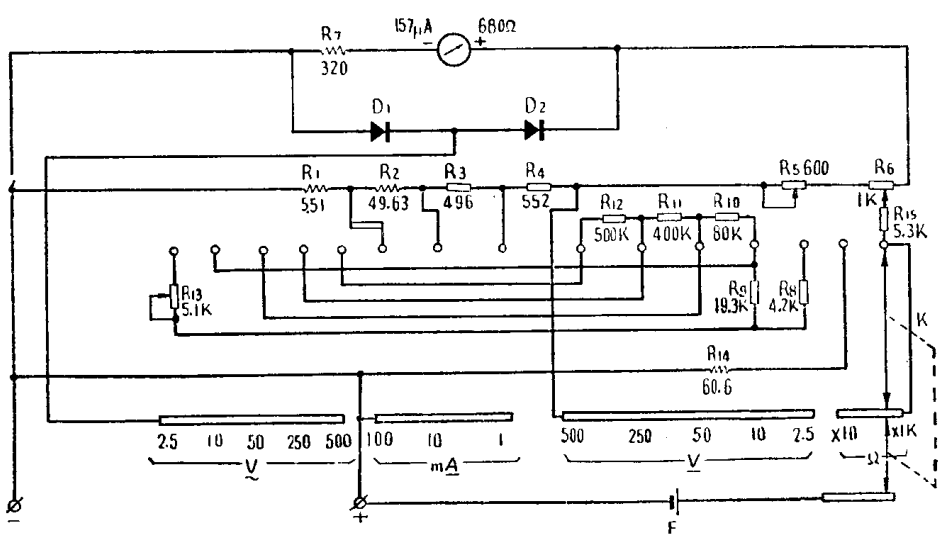


图 5—61.1　MF27—1 型袖珍万用表总电路图

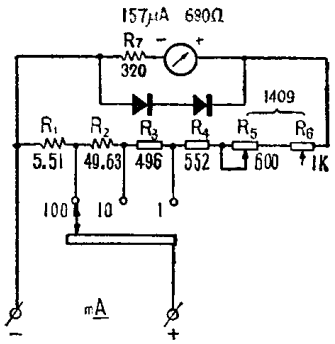


图 5—61.2　直流电流测量电路

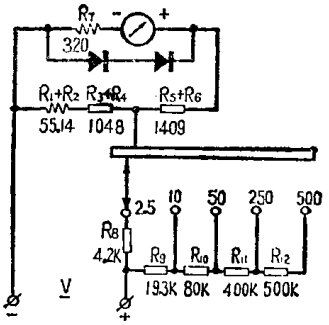


图 5—61.3　直流电压测量电路

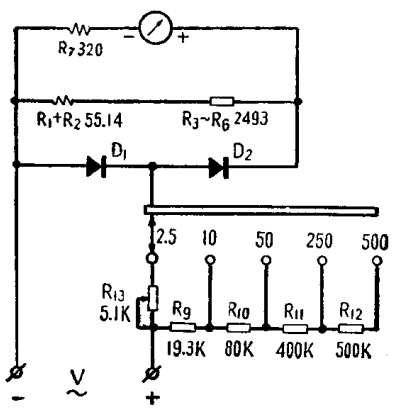


图 5—61.4　交流电压测量电路

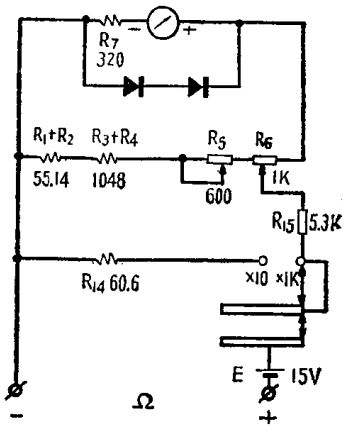


图 5—61.5　电阻测量电路

MF27-1型袖珍万用表元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	5.51Ω	R_9	炭膜电阻	19.3KΩ
R_2	线绕电阻	49.63Ω	R_{10}	炭膜电阻	80KΩ
R_3	炭膜电阻	496Ω	R_{11}	炭膜电阻	400KΩ
R_4	炭膜电阻	552Ω	R_{12}	炭膜电阻	500KΩ
R_5	可变电阻	600Ω	R_{13}	可变电阻	5.1KΩ
R_6	电位器	1KΩ	R_{14}	线绕电阻	60.6Ω
R_7	线绕电阻	320Ω	R_{15}	炭膜电阻	5.3KΩ
R_8	炭膜电阻	4.2KΩ			

(62) MF28型袖珍万用表

(南通电表厂)

一、用途和构造

1.MF28型袖珍万用表共有十五档基本量程和四个分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻、音频电平和晶体三极管直流放大倍数h_{FE}。

2.面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整器一只、插孔两个和三极管插座一个。外壳用高绝缘材料制成，并有密封衬垫，具有良好的绝缘、防尘、防湿性能。电路部分采用印刷电路。

3.电阻测量和三极管测量共用1.5伏5号电池一节。

4.外形尺寸为115×80×44毫米；重量0.37公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量	范围	灵敏度	基本误差(%)
直流电流	0～1～10～100mA	—	±4
直流电压	0-2.5-10-50 -250-500V	2 KΩ/V	±4
交流电压	0-10-50-250 -500V	2 KΩ/V	±5
电阻	中心值：60Ω、6K 倍数：R×10、×1K 范围：0-10KΩ-1MΩ	—	±4
电平	-10～+56dB	—	—
三级管直流放大倍数h_{FE}	0～200	—	

2.表头参数：

灵敏度：157微安；

内阻：650～850欧姆。

三、电路图

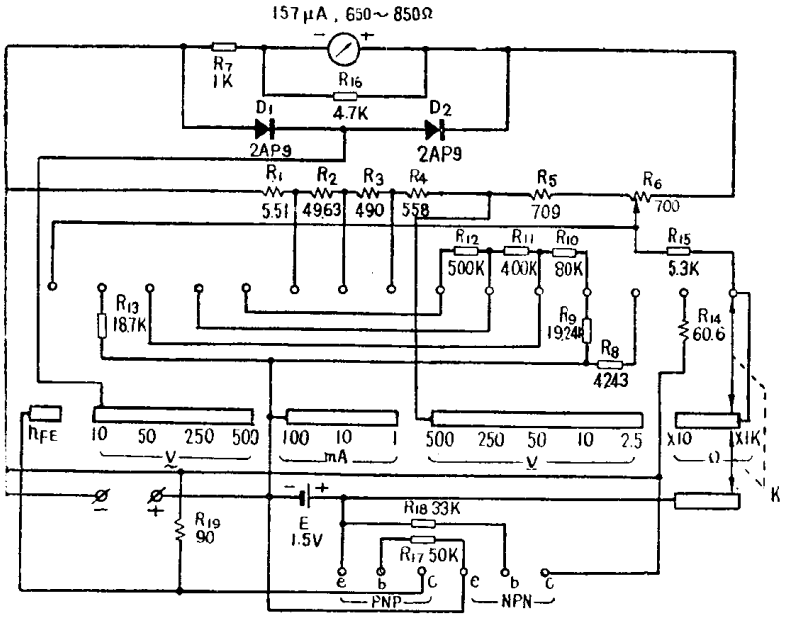


图 5 —62.1　MF28型万用表总电路图

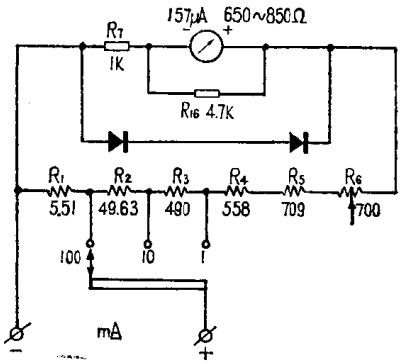


图 5 —62.2　直流电流测量电路

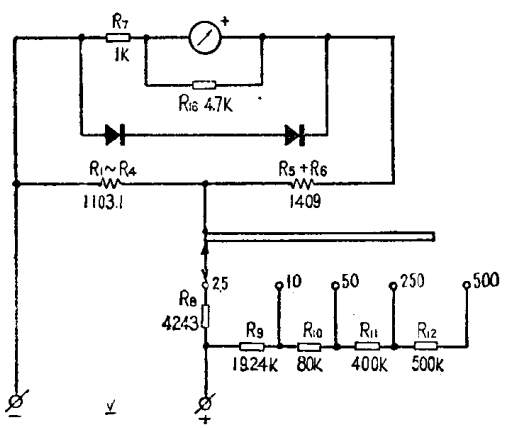


图 5 —62.3　直流电压测量电路

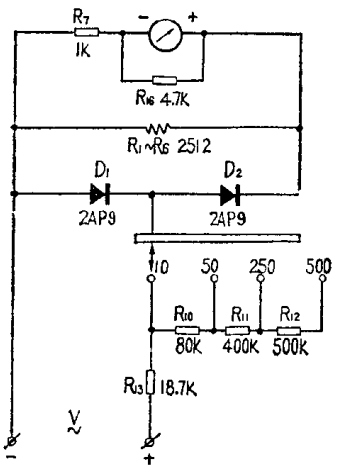


图 5 —62.4　交流电压测量电路

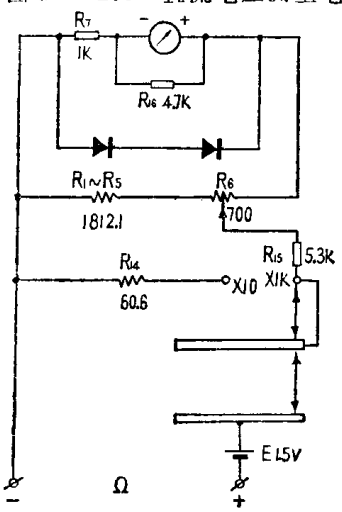


图 5 —62.5　电阻测量电路

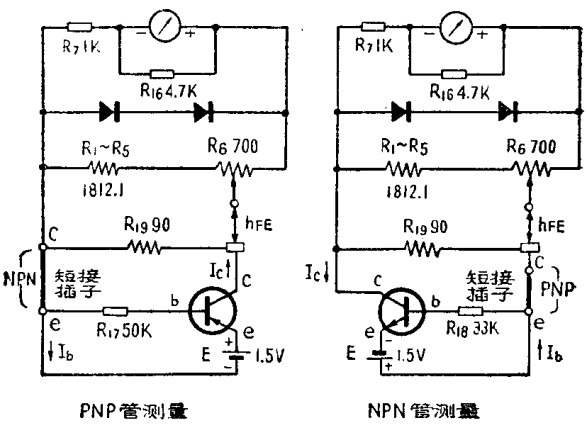


图 5 —62.6　晶体管h_{FE}测量电路
（测量方法与MF11型的相同）

(63) MF30型袖珍万用表

(上海遵义电表厂)

一、用途和构造

1.MF30 型袖珍万用表为高灵敏度、多量程电表，可以代替同类等级的大型产品，用于需要经常流动工作的场合。仪表共有十八档基本量程和三个分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻和音频电平。

2.仪表面板上装有转换开关一只、零欧姆调整器一只和插孔两个。表盖用全透明有机玻璃制成，度盘装有反射镜，可以减小视差。

3.表头部分设有硅二极管D_1、D_2保护装置，利用硅管伏安特性在0～150毫伏范围内正反向电流几乎截止和在0.65伏以上正向电流几乎导通的特点，从而保证表头过载不致损坏。外电路中串有熔断丝一个，防止误测过载时损坏仪表。

4.仪表设有小电流、低电压量程，适用于晶体管电路和电子管低压测量参数的需要。电阻测量有五档，测量范围宽阔。

5.电阻测量采用1.5伏5号电池一节（×1～×1K档用）；15伏迭层电池一节（×10K档专用）。

6.外形尺寸为135×92×46毫米；重量约0.4公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-50-500μA-5-50-500mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-1-5-25V	20KΩ/V	±2.5	
	0-100-500V	5 KΩ/V		
交流电压	0-10-100-500V	5 KΩ/V	± 4	
电阻	中心值：25、250、2.5K、25K、250KΩ		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100、×1K、×10K			
	范围：0-4-40-400K-4-40MΩ			
电平	-10～+56dB	—	—	± 4

2.表头参数：

灵敏度：40.6微安；　内　阻：3000欧姆；

线　径：0.02毫米；　圈　数：1500匝；

游　丝：　　力　矩：10毫克·厘米/90°；

外　径：8毫米；　　圈　数：5。

三、电路图

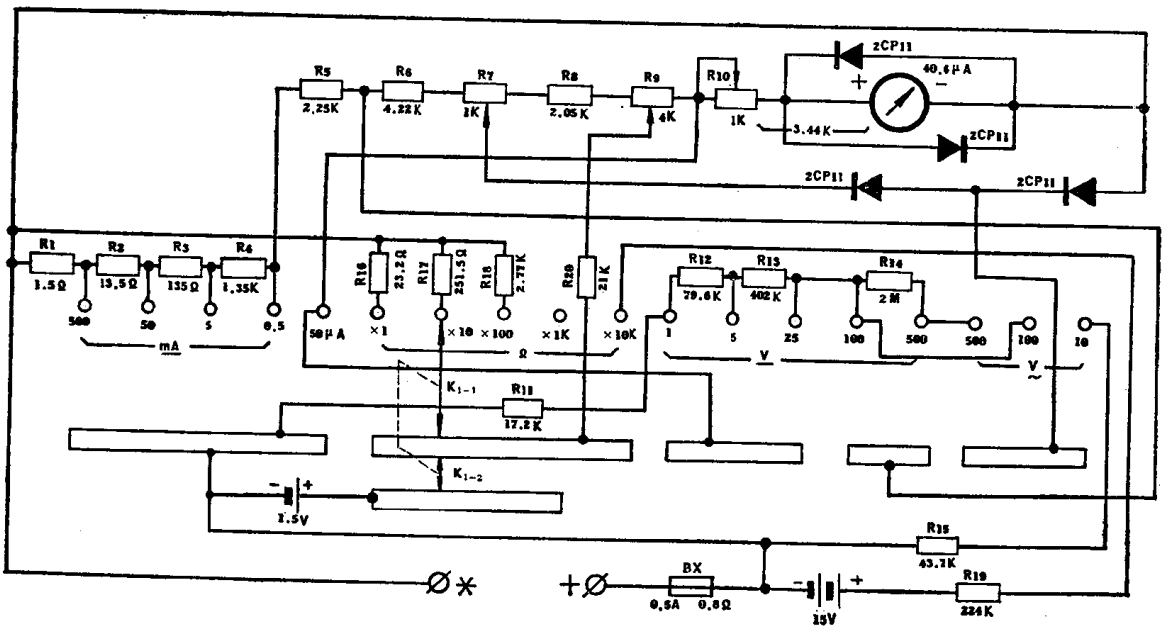


图 5—63.1　MF30型袖珍万用表总电路图

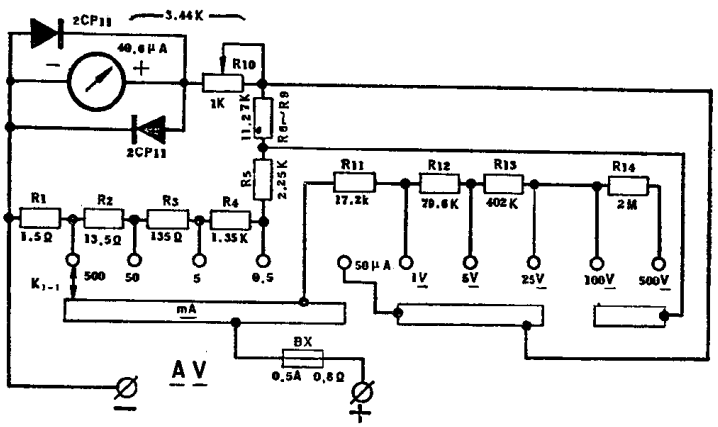


图 5—63.2　直流电流、电压测量电路

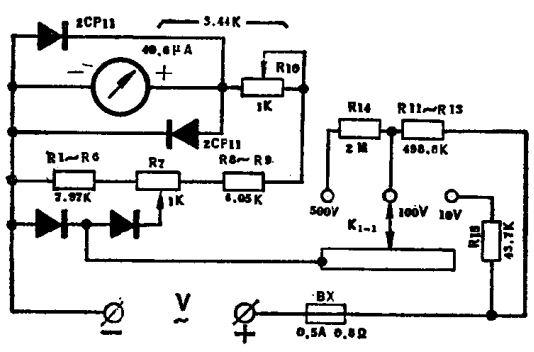


图 5—63.3　交流电压测量电路

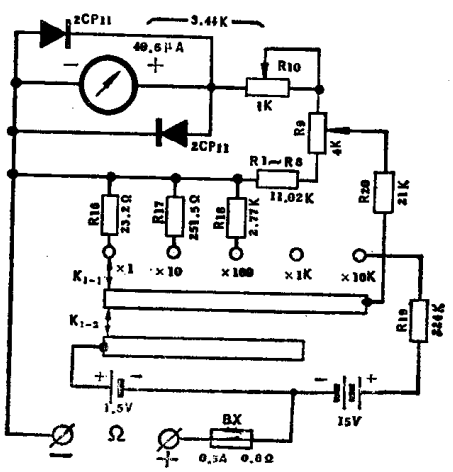


图 5—63.4　电阻测量电路

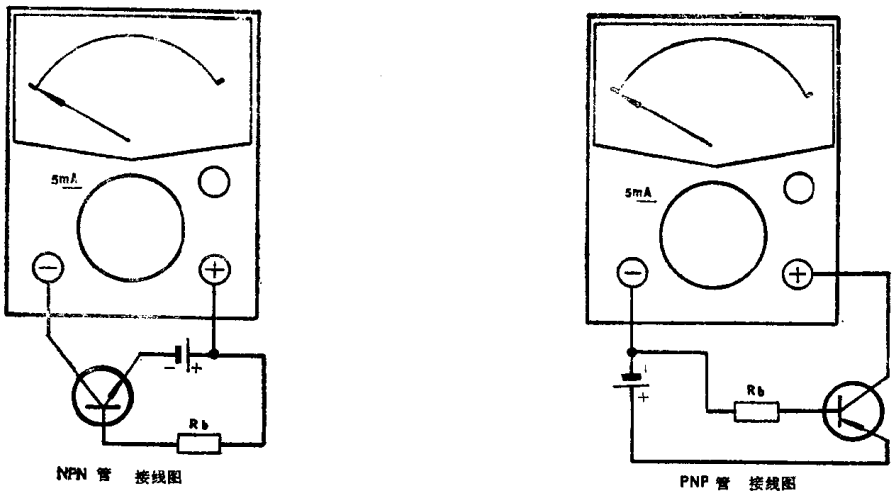


图 5—63.5 晶体管接线图

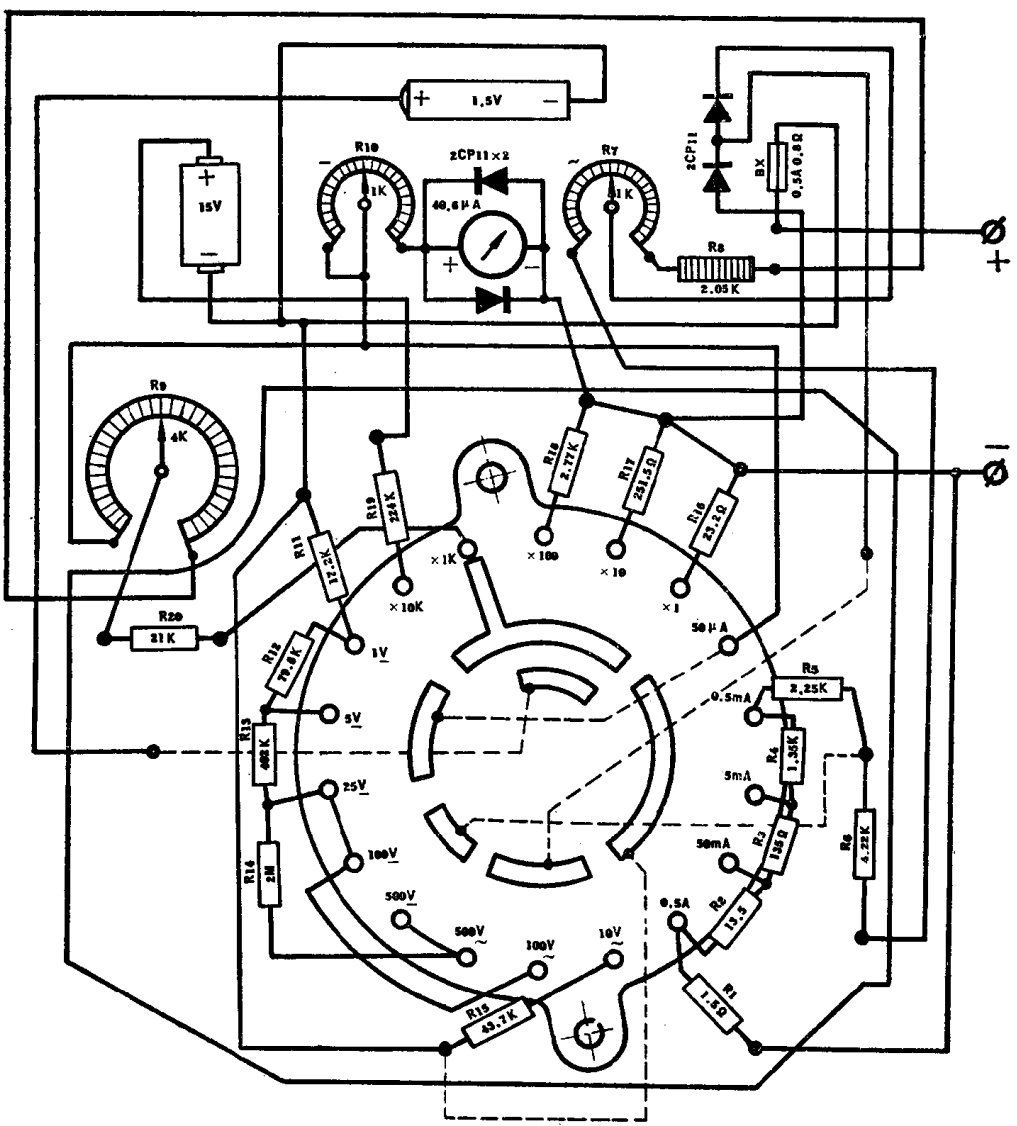


图 5—63.6 电路元件位置图

MF30型袖珍万用表元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	1.5Ω±0.5%	R_{11}	硅炭膜电阻	17.2KΩ±1%1/8W
R_2	线绕电阻	13.5Ω±0.5%	R_{12}	硅炭膜电阻	79.6KΩ±1%1/8W
R_3	线绕电阻	135Ω±0.5%	R_{13}	硅炭膜电阻	402KΩ±1%1/8W
R_4	线绕电阻	1350Ω±0.5%	R_{14}	硅炭膜电阻	2MΩ±1%1W
R_5	硅炭膜电阻	2.25KΩ±0.5%	R_{15}	硅炭膜电阻	43.7KΩ±1%1/8W
R_6	硅炭膜电阻	4.22KΩ±0.5%	R_{16}	硅炭膜电阻	23.2KΩ±1%1/8W
R_7	线绕电位器	1KΩ	R_{17}	硅炭膜电阻	251.5Ω±1%1/8W
R_8	线绕电阻	2.05KΩ±0.5%	R_{18}	硅炭膜电阻	2.77KΩ±1%1/8W
R_9	线绕电位器	4KΩ	R_{19}	硅炭膜电阻	224KΩ±1%1/8W
R_{10}	线绕电位器	1KΩ	R_{20}	硅炭膜电阻	21KΩ±1%1/8W

(64) MF35型 万用表

(上海遵义电表厂)

一、用途和构造

1.MF35 型万用表是一种高精度、多量程携带式仪表，可以测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、直流电阻和音频电平。

2.仪表外壳用酚醛塑料压制，并设有密封垫圈。面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整器一只和插孔三个（+、-、D·Ω）。表盖采用有机玻璃制成，度盘设有反射镜。

3.测量机构采用圆柱形外磁结构，永久磁铁采用铝镍钴合金，磁性强，防御外磁性能好。支承中设有弹簧防震和止动装置。

4.电路结构中设有“D·Ω”档，可以清晰地读测0.1～10Ω 小电阻值；设有直流“75mV”和交流“5A”档，可以配用相应的外附分流器和互感器扩大测量范围。表头两端并有二极管过载保护电路，防止误测损坏仪表。交流电流测量部分采用电流互感器，使电路具有良好的频率特性和直线性，从而使刻度盘上的交流刻度与直流刻度可以共用，读数方便。

5.电阻测量采用1.5伏1号电池一节（D·Ω和×1～×1K档用）；15伏迭层电池一节（×10K档专用）。

6.仪表外形尺寸为202×154×80毫米；重量约2公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度、电压降	基本误差（%）
直流电流	0-50-250μA-1-5-25-100mA-1-5A	<0.3V	±1
直流电压	0-75mV-1-2.5-10-25-100-250-500-1KV	20KΩ/V	±1.5 ±1
交流电流	0-2.5-25-250mA-1-5A	≤1.1V <0.3V	±2.5 ±1.5
交流电压	0-2.5-10-50-250-500V-1KV	400Ω/V 2KΩ/V	±2.5 ±1.5
电阻	中心值：2.4、15、150Ω、1.5、15、150K 倍数：R×1、×10、×100 ×1K、×10K 0.1-10Ω D.Ω	-	±1.5 ±1
电平	-10～+50dB	-	-

2.表头参数：

灵敏度：45微安；

内　阻：400欧姆；

（动圈用直径为0.04毫米的QA型高强度漆包线绕500.5±5匝）。

三、电路图

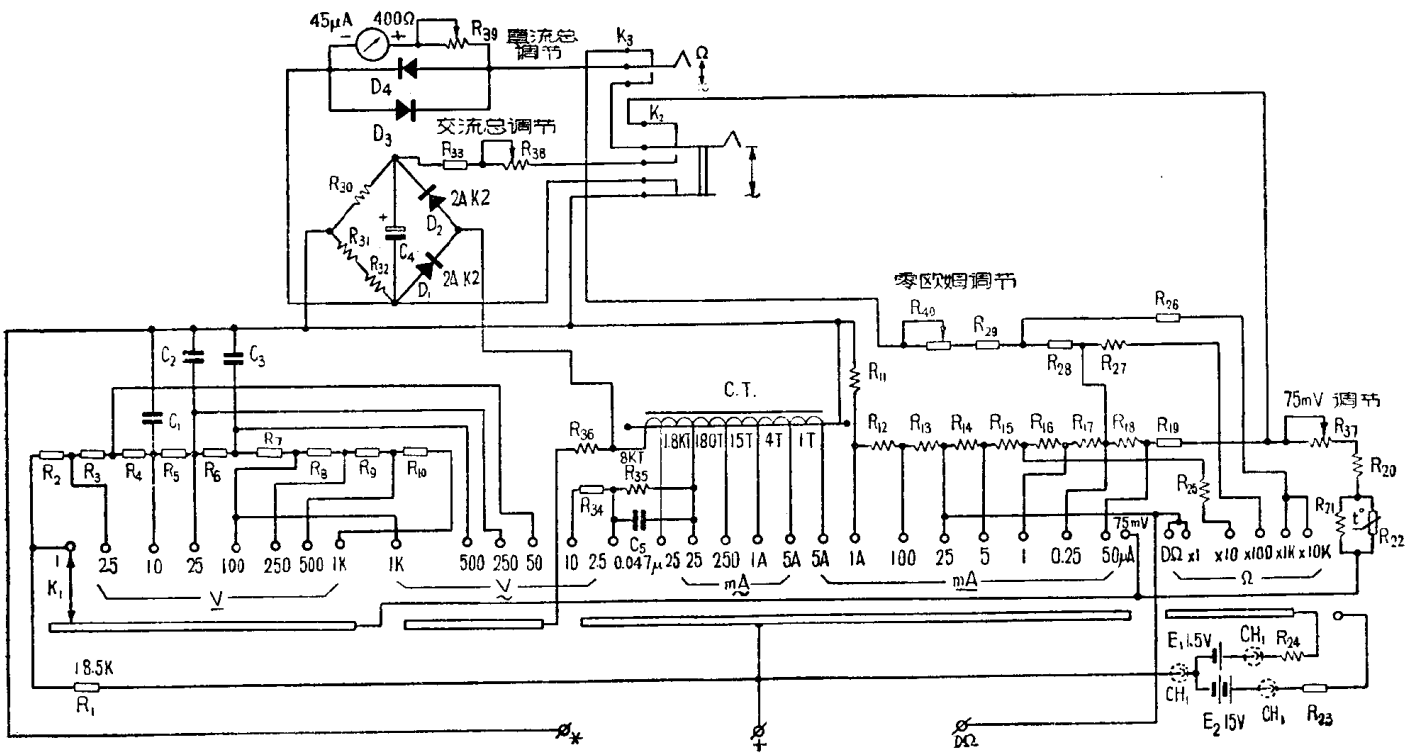


图 5—64.1　MF35型万用表总电路图

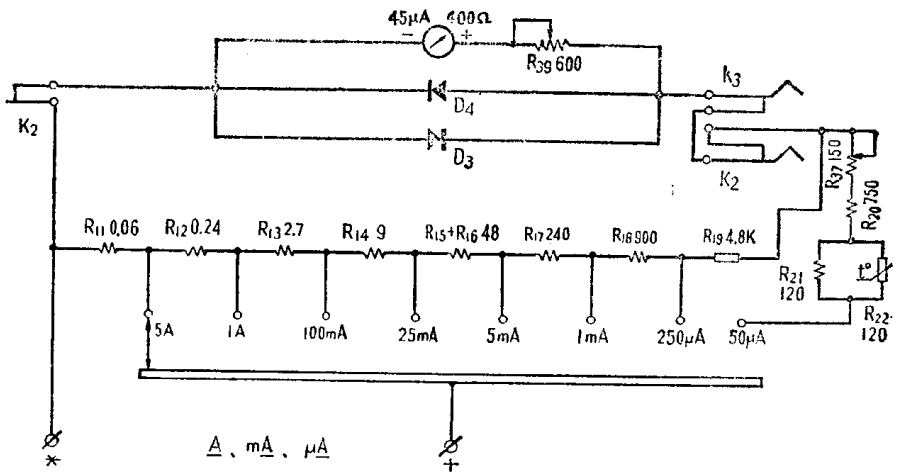


图 5—64.2　直流电流测量电路

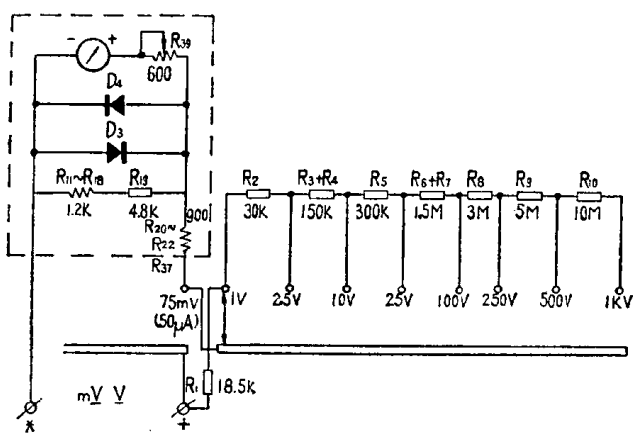


图 5—64.3　直流电压测量电路

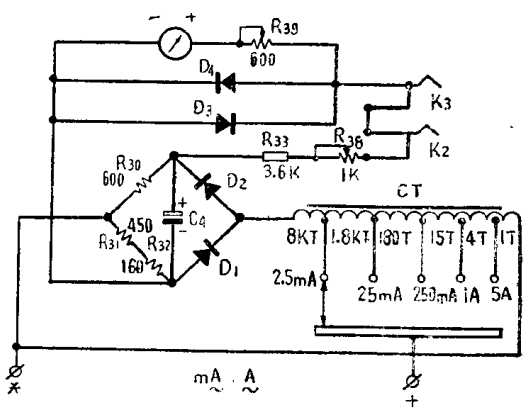


图 5—64.4　交流电流测量电路

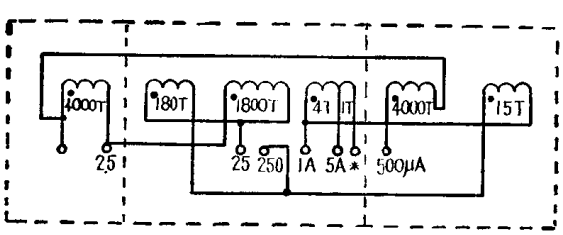


图 5—64.5　互感器

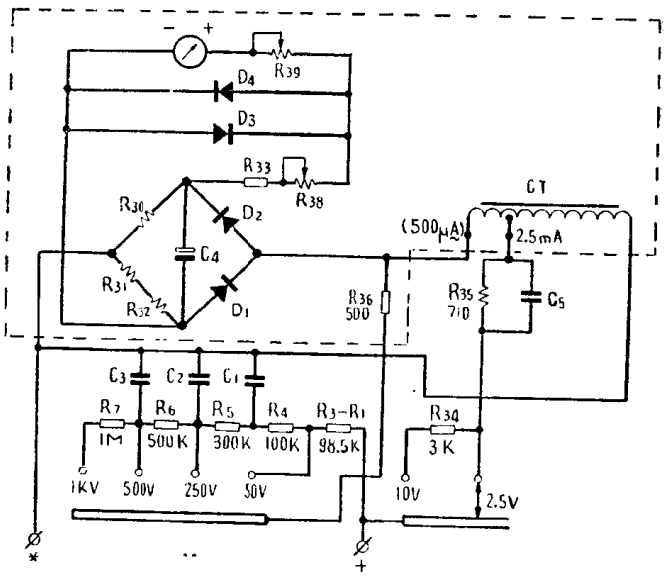


图 5—64.6　交流电压测量电路

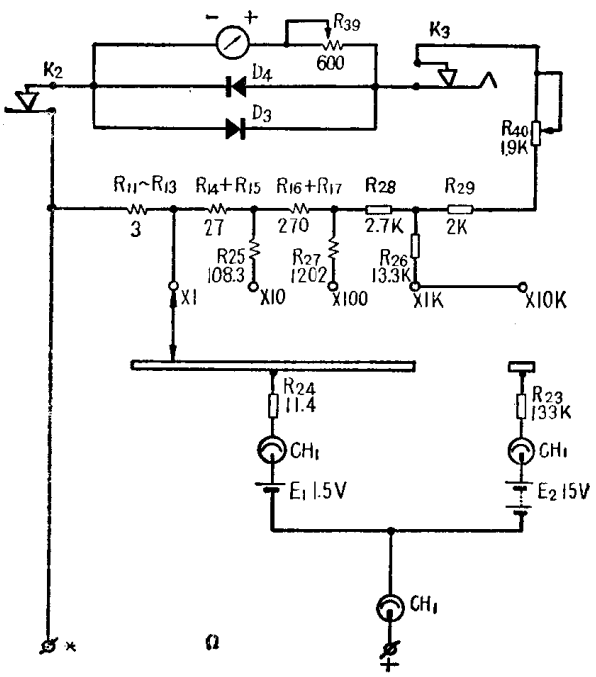


图 5—64.7　电阻测量电路

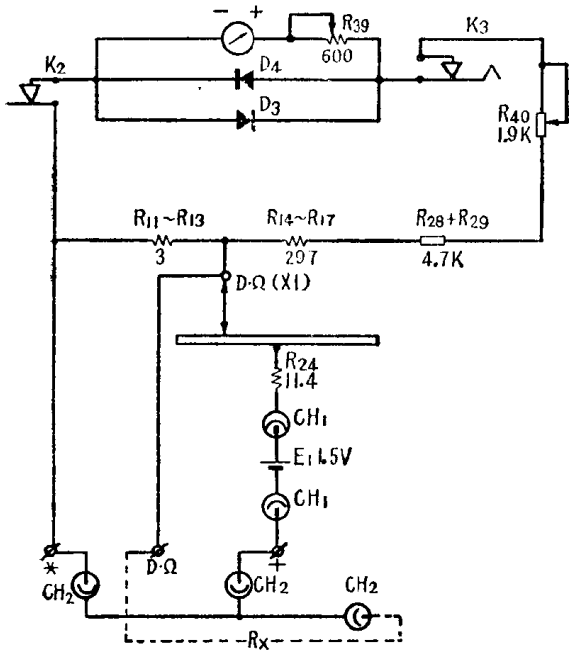


图 5—64.8　低电阻测量电路

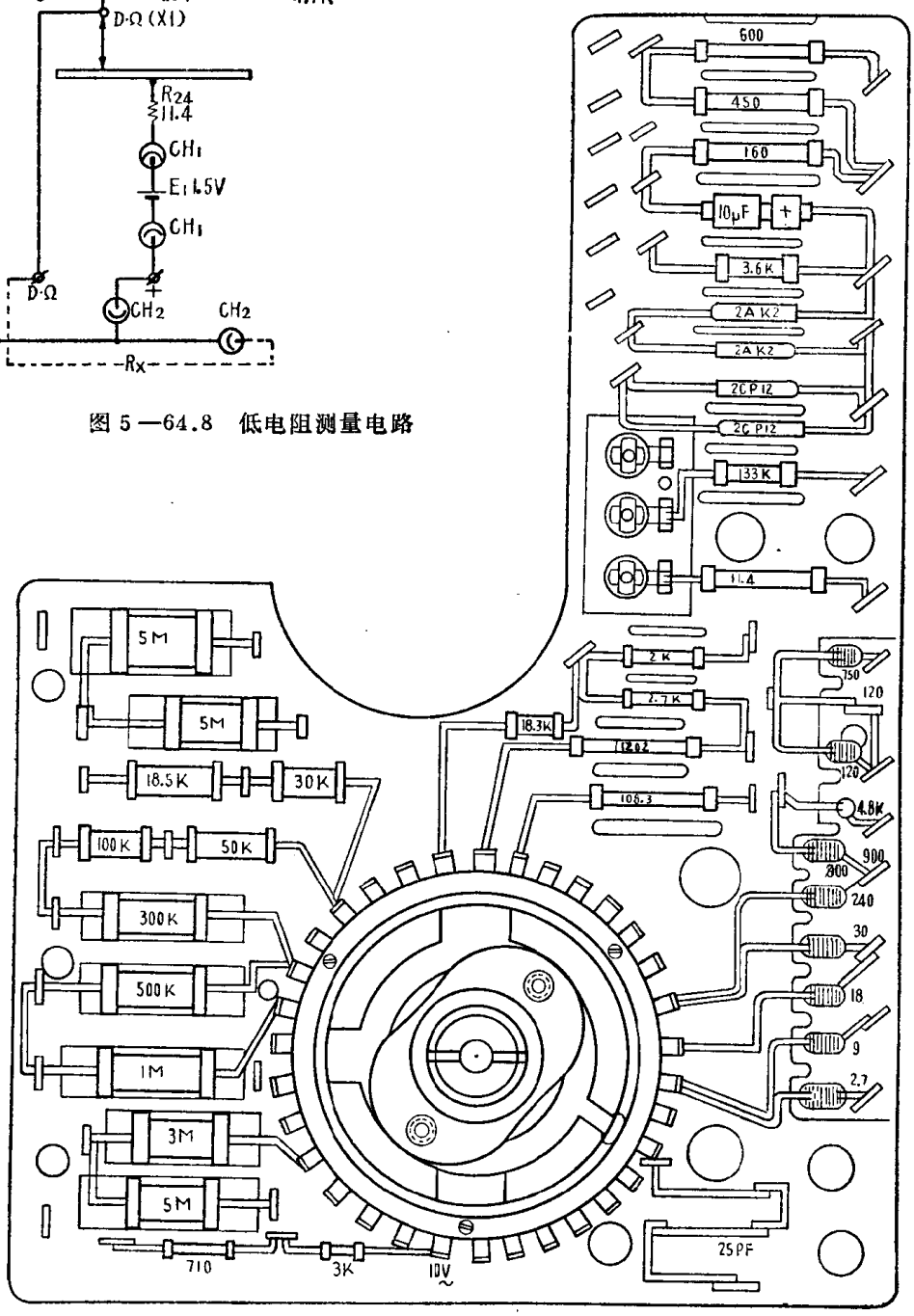


图 5—64.9　元件布置图

MF35型万用表元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 18.5KΩ±0.1%	R_{24}	线绕电阻	11.4Ω±0.25%
R_2	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 30KΩ±0.1%	R_{25}	线绕电阻	108.3Ω±0.25%
R_3	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 50KΩ±0.1%	R_{26}	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 13.3KΩ±0.1%
R_4	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 100KΩ±0.1%	R_{27}	线绕电阻	1202Ω±0.25%
R_5	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 300KΩ±0.1%	R_{28}	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 2.7KΩ±0.1%
R_6	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{4}$W 500KΩ±0.1%	R_{29}	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 2KΩ±0.1%
R_7	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{2}$W 1MΩ±0.1%	R_{30}	线绕电阻	600Ω±0.25%
R_8	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{2}$W 3MΩ±0.25%	R_{31}	线绕电阻	450Ω±0.25%
R_9	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{2}$W 5MΩ±0.25%	R_{32}	铜补偿电阻	铜线径φ0.05 160Ω±5%(20°)
R_{10}	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{2}$W 2×5MΩ±0.25%	R_{33}	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 3.6KΩ±0.1%
R_{11}	分流器	锰铜线径φ2.2 0.06Ω±0.15%	R_{34}	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 3KΩ±0.15%
R_{12}	分流器	锰铜线径φ0.8 0.24Ω±0.15%	R_{35}	线绕电阻	710Ω±0.15%
R_{13}	线绕电阻	2.7Ω±0.15%	R_{36}	线绕电阻	500Ω±0.25%
R_{14}	线绕电阻	9Ω±0.15%	R_{37}	线绕电位器	150Ω±50Ω
R_{15}	线绕电阻	18Ω±0.15%	R_{38}	线绕电位器	1000Ω±100Ω
R_{16}	线绕电阻	30Ω±0.15%	R_{39}	线绕电位器	600Ω±60Ω
R_{17}	线绕电阻	240Ω±0.15%	R_{40}	电位器	1.9KΩ±50Ω
R_{18}	线绕电阻	900Ω±0.15%	C_1	玻璃釉电容器	CI-1-500-M-I 两只360pF串联
R_{19}	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 4.8KΩ±0.1%	C_2	玻璃釉电容器	CI-1-500-M-I 两只25pF串联
R_{20}	线绕电阻	750Ω±0.25%	C_3	玻璃釉电容器	CI-1-500-M-I 20pF
R_{21}	线绕电阻	120Ω±0.25%	C_4	电解电容器	CDX-1 10μF/6V
R_{22}	热敏电阻	120Ω±20%	C_5	金属化电容器	0.047μF/160V
R_{23}	金属膜电阻	RJJ-5-$\frac{1}{8}$W 133KΩ±0.1%			

低阻（D·Ω）测量时，将转换开关旋至“D·Ω”档或“×1”档位置，将外附短路插头CH_2插入“+”、“*”插孔中，指针即向满度偏转。调整零欧姆调整器，使指针指在“D·Ω”专用刻度的“∞”上。然后将表笔插入“D·Ω”插孔中，另一支插在外附短路插头的横孔中，并短接二支表笔，指针应指在“0Ω”处。如指针指不到零，说明表笔电阻或接触电阻过大（不应大于0.05欧姆），这时可更换表笔导线并消除接触电阻，然后就可进行测量。

表笔导线截面应为0.7毫米^2，每根导线长为1米。

(65) MF37-T型 万 用 表

（南京电表厂）

一、用途和构造

1.MF37-T型万用表为高灵敏度多量程中型电表，共有二十七档基本量程和六个分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻和音频电平，适合于湿热带地区使用。

2.仪表外壳部件均用较好绝缘材料制成，结构坚固并有较完善的密封装置。面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整器一只和插孔三个，其中“-”为公用端。度盘设有反射镜，读数准确。

3.电阻测量采用1.5伏4号电池一节（×1～×1K档用）；15伏迭层电池一节（×10K档专用）。电池装在密封小室中，换电方便。

4.外形尺寸为192×140×65毫米；重量约2公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度 电压降	基本误差 (%)
直流电流	0-50μA-0.5-5-50-500-1000mA	<0.4V	±2.5
直流电压	0-25mV-1-2.5-10-50-250-500-1000-2500V	20KΩ/V	±2.5
交流电压	0-2.5-10-50-250-500-1000-2500V	8 KΩ/V	± 5
电阻	中心值：25、250Ω、2.5、25、250 KΩ		±2.5
	倍数：R×1、×10、×100、×1K、×10K		
	范围：0-500Ω-5-50-500KΩ-5MΩ		
电平	-10-+74dB(刻度为-10-+22dB)		± 4

2.表头参数：

灵敏度：40微安；

内　阻：600欧姆；

线　径：0.04毫米；

圈　数：640匝；

游　丝：

力　矩：14毫米·厘米/90°。

三、电路图

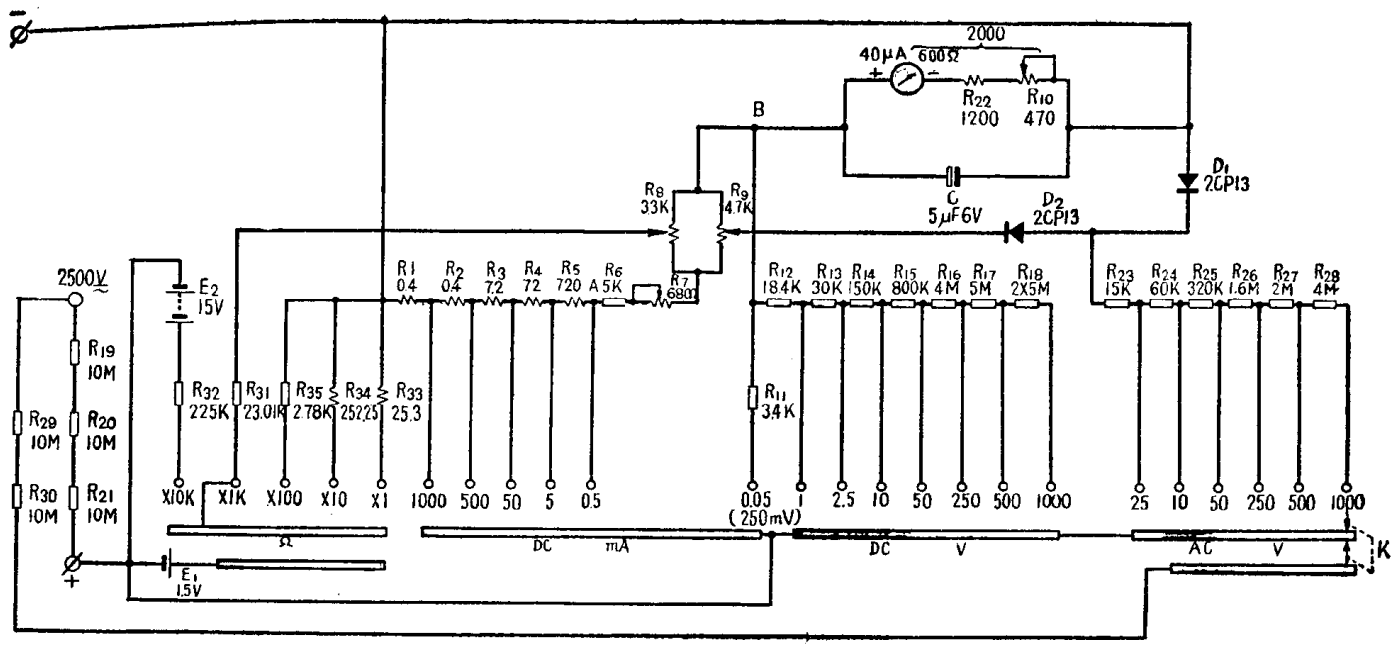


图 5 —65.1　MF37—T型万用表总电路图

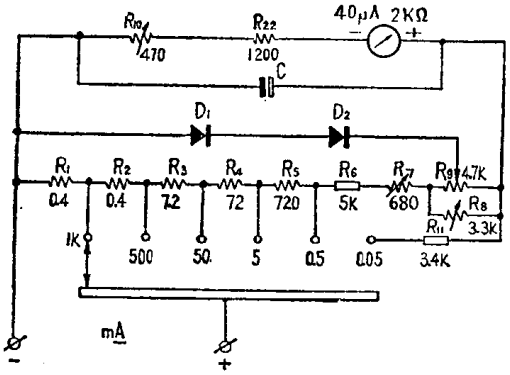


图 5—65.2　直流电流测量电路

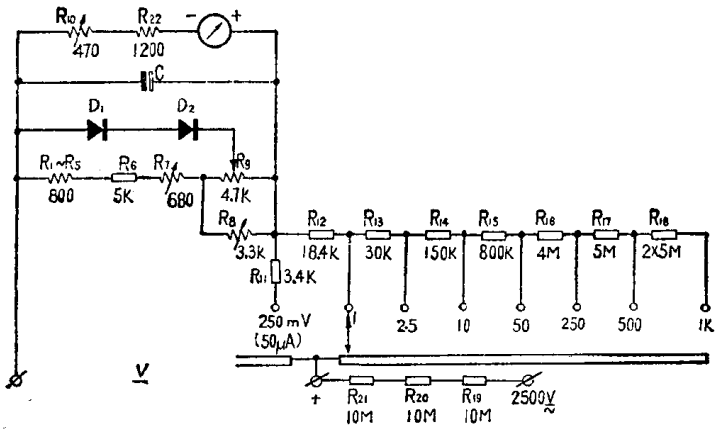


图 5—65.3　直流电压测量电路

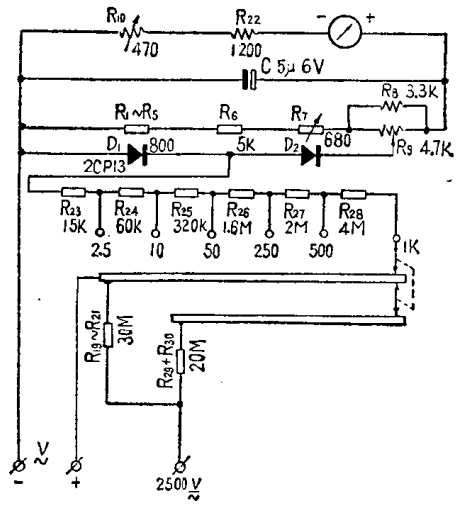


图 5—65.4　交流电压测量电路

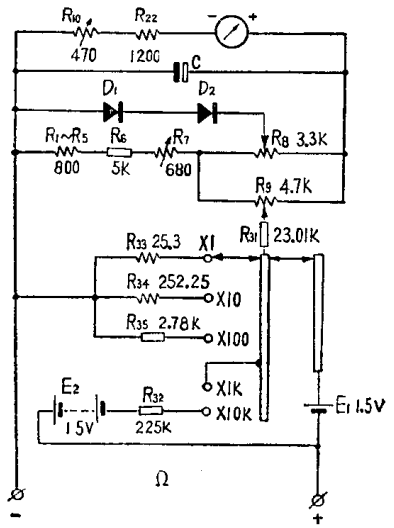


图 5—65.5　电阻测量电路

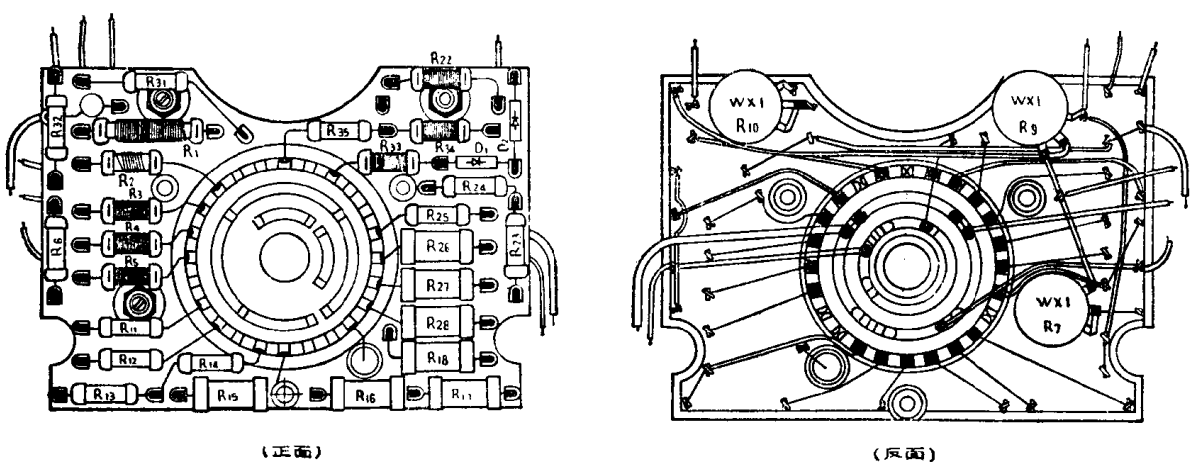


图 5—65.6　元件布置图

MF37-T型万用表元件数据表

代号	名称	规格	代号	名称	规格
R_1	线绕电阻	0.4Ω±0.5% φ0.8锰铜线	R_{20}	金属膜电阻	RJ-1 10MΩ± 5%
R_2	线绕电阻	0.4Ω±0.5% φ0.5锰铜线	R_{21}	金属膜电阻	RJ-1 10MΩ± 5%
R_3	线绕电阻	7.2Ω±0.5% φ0.28锰铜线	R_{22}	线绕电阻	1200Ω±5% φ0.05锰铜线
R_4	线绕电阻	72Ω±0.5% φ0.08锰铜线	R_{23}	炭膜电阻	RTL-0.25 15KΩ± 1%
R_5	线绕电阻	720Ω±0.5% φ0.05锰铜线	R_{24}	炭膜电阻	RTL-0.25 60KΩ± 1%
R_6	金属膜电阻	RJJ-0.5 5KΩ± 1%	R_{25}	炭膜电阻	RTL-0.25 320KΩ± 1%
R_7	线绕电位器	WX1-1 680Ω± 5%	R_{26}	金属膜电阻	RJJ-0.5 1.6MΩ± 1%
R_8	线绕电位器	WX1-1 3.3KΩ± 5%	R_{27}	金属膜电阻	RJJ-0.5 2MΩ± 1%
R_9	线绕电位器	WX1-1 4.7KΩ± 5%	R_{28}	金属膜电阻	RJJ-0.5 4MΩ± 1%
R_{10}	线绕电位器	WX1-1 470Ω± 5%	R_{29}	金属膜电阻	RJ-1 10MΩ± 5%
R_{11}	炭膜电阻	RTL-0.25 3.4KΩ± 1%	R_{30}	金属膜电阻	RJ-1 10MΩ± 5%
R_{12}	炭膜电阻	RTL-0.25 18.4KΩ± 1%	R_{31}	炭膜电阻	RTL-0.25 23.01K± 1%
R_{13}	炭膜电阻	RTL-0.25 30KΩ± 1%	R_{32}	炭膜电阻	RTL-0.25 225KΩ± 1%
R_{14}	炭膜电阻	RTL-0.25 150KΩ± 1%	R_{33}	线绕电阻	25.3Ω±0.5%φ0.19锰铜线
R_{15}	金属膜电阻	RJJ-0.5 800KΩ± 1%	R_{34}	线绕电阻	252.25Ω±0.5%φ0.05锰铜线
R_{16}	金属膜电阻	RJJ-0.5 4MΩ± 1%	R_{35}	炭膜电阻	RTL-0.25 2.78KΩ± 1%
R_{17}	金属膜电阻	RJJ-0.5 5MΩ± 1%	C	电解电容器	CDX-3 5μF 6V
R_{18}	金属膜电阻	RJJ-0.5 2×5MΩ± 1%	D_1、D_2	硅二极管	ZCP13
R_{19}	金属膜电阻	RJ-1 10MΩ± 5%			

(66) MF40型袖珍万用表

(上海遵义电表厂)

一、用途和构造

1. MF40型袖珍万用表共有十七档基本量程和两个分贝附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻、晶体三极管直流放大倍数h_{FE}和音频电平。

2.面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整器一只、插孔两个和三极管插座一个。表盖采用全透明有机玻璃制成。

3.表头部分设有硅二极管保护装置，能保证电流过载时不致损坏表头。转换开关设有

"OFF"档，用来将表头短接，增大阻尼，避免运输和携带时因震动使表头受损。

4.电阻和三极管测量采用1.5伏5号电池一节。

5.外形尺寸为129×88×47毫米；重量0.36公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)
直流电流	0～0.25～1～10～100mA	—	±2.5
直流电压	0－2.5－10－50－250－1000V	5 KΩ/V	±2.5
交流电压	0－10－250－1000V	2 KΩ/V	±5
电阻	中心值：80、800Ω、8 KΩ 倍数：R×10、×100、×1K		±2.5
三极管直流放大倍数h_{FE}	0～200	—	参考值
电平	－10～＋50dB (刻度为－10—＋22dB)	—	—

2.表头参数：灵敏度：130微安；　　内　阻：1050欧姆。

三、电路图

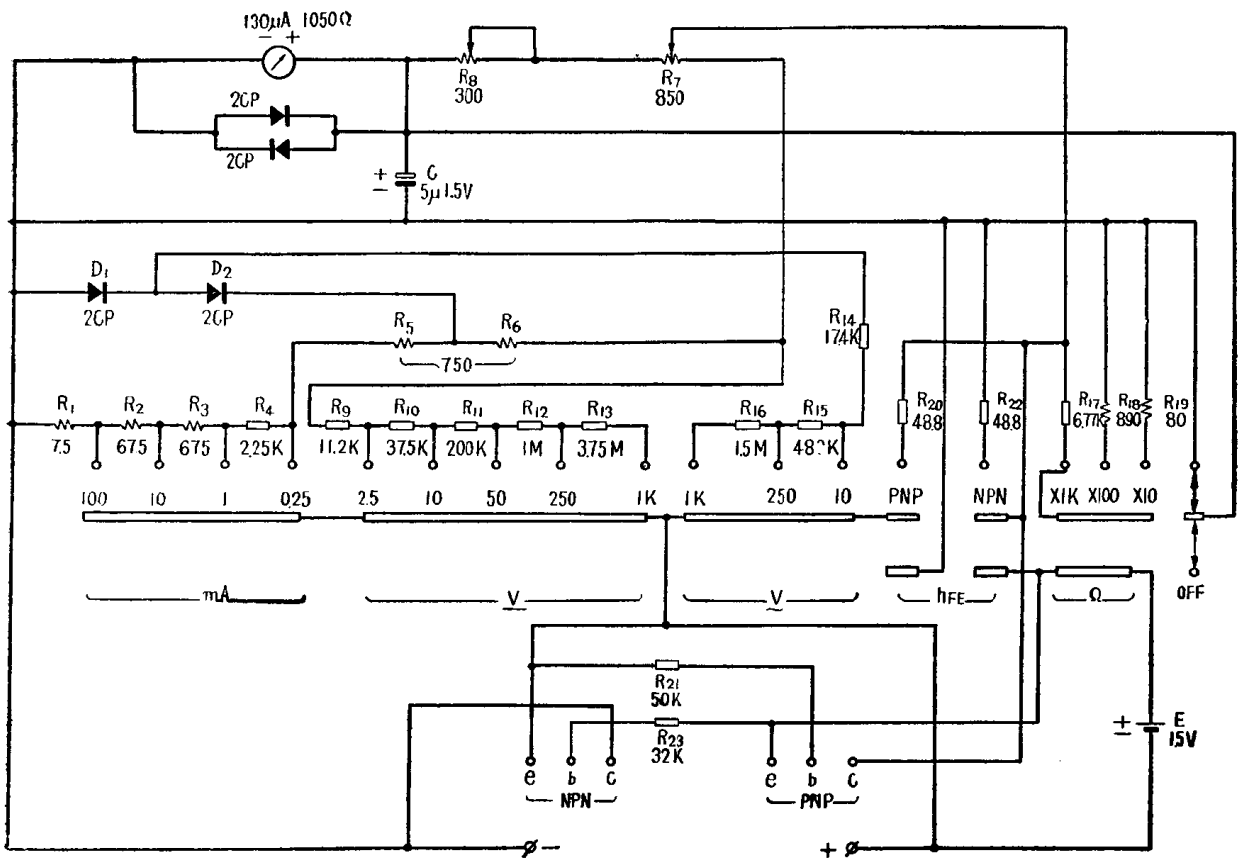


图 5—66.1　MF40型万用表总电路图

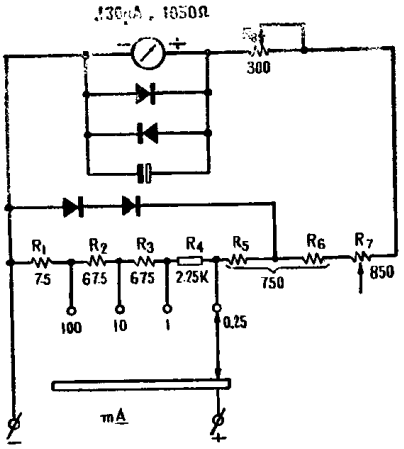


图 5—66.2　直流电流测量电路

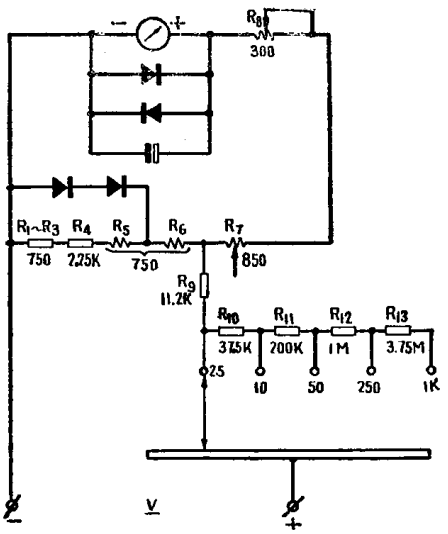


图 5—66.3　直流电压测量电路

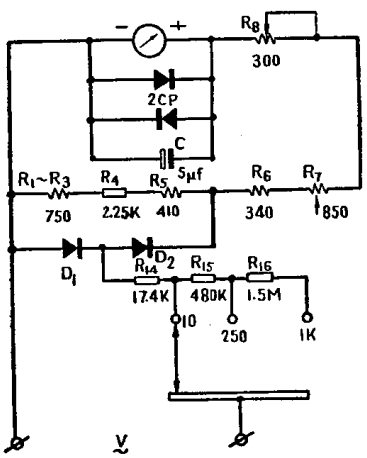


图 5—66.4　交流电压测量电路

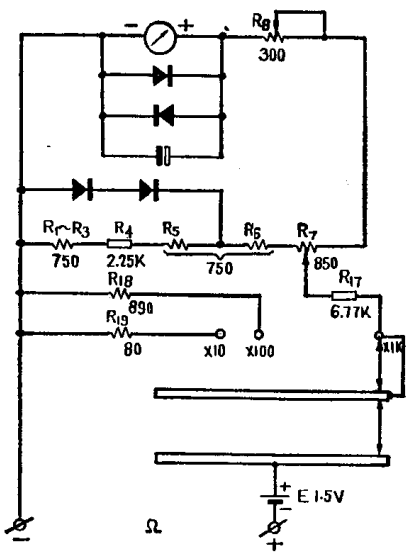
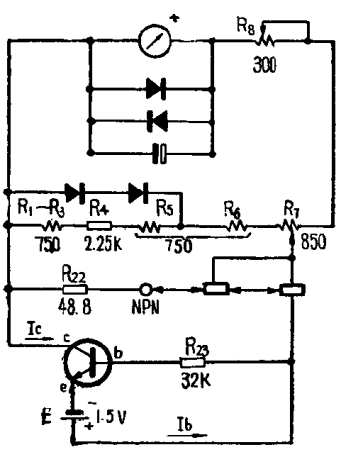
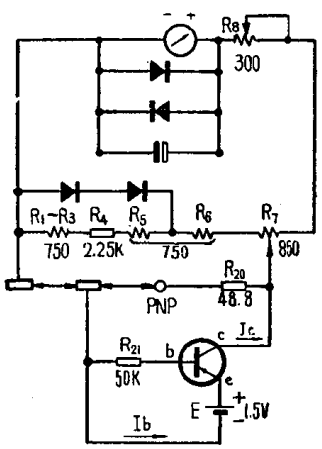


图 5—66.5　电阻测量电路



NPN管测量



PNP管测量

图 5—66.6　晶体三极管h_{FE}测量电路

测量三极管直流放大倍数h_{FE}时首先将转换开关旋至×1K 档，并进行零欧姆调整。测PNP 管时，将开关旋至“PNP”档，并将被测三极管插入PNP 插座，然后由第四条刻度读数；测NPN管时，将开关旋至“NPN”档，并将被测三极管插入NPN插座，然后由第四条刻度读数。

(67) U-1型袖珍万用表(结构之一)

(南京教育仪器厂)

一、用途和构造

1.U—1型万用表为袖珍型万用表，共有十四档量程，可测直流电流、交直流电压、电阻等。

2.外壳用褐色或黑色胶木制成。面板上有转换开关旋钮一个、插孔三个（+、-、1000V）及零欧姆调整旋钮一个。

3.外形尺寸为130×80×60毫米；重量为0.6公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏感	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0－1 mA(与10V档合)－100－500mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0－10－50－250－500－1000V	1 KΩ/V	±3	
交流电压	0－10－50－250－500－1000V	1 KΩ/V	±4	
电阻	中心值：24、2.4KΩ		±10	以被测值的百分数表示
	倍数：R×1、×100			
	范围：0－2－200KΩ			

注：U—1型袖珍万用表准确度除上述一种外，还有几种：直流±2.5%；交流±4%；直流±3%；交流±5%；电阻皆±10%。

2.表头参数：

灵敏度：300微安；

内　阻：170欧姆；

线　径：0.04毫米；

圈　数：350匝。

三、电路图

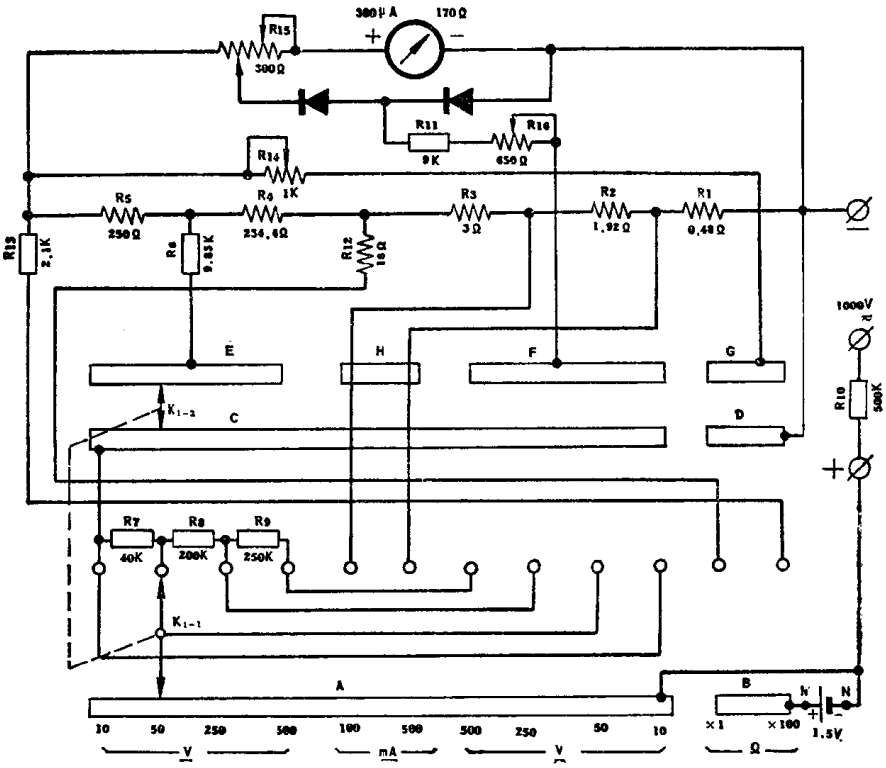


图 5—67.1　U—1 型袖珍万用表（结构之一）总电路图

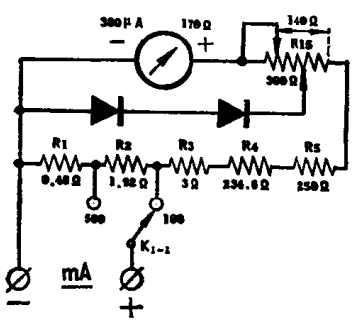


图 5—67.2　直流电流测量电路

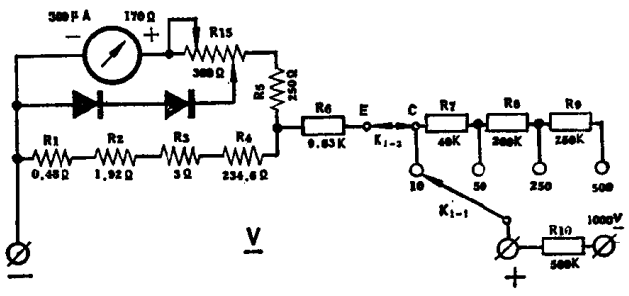


图 5—67.3　直流电压测量电路

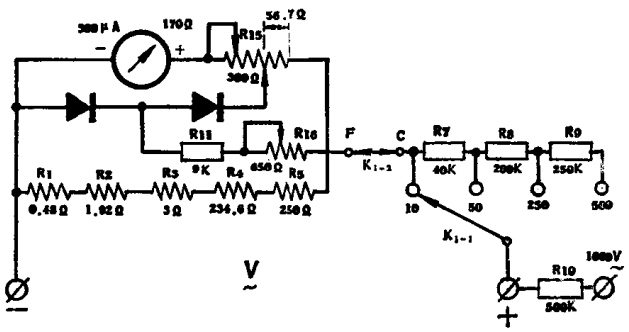


图 5—67.4　交流电压测量电路

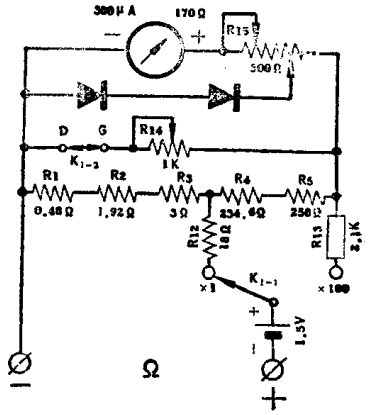


图 5—67.5　电阻测量电路

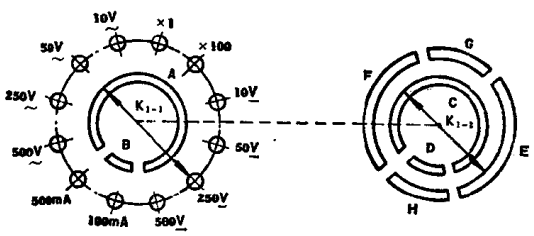


图 5—67.6　测量种类、量程转换开关

(68) U-1型袖珍万用表(结构之二，黑色)

一、U-1型万用表结构之二的外形构造、测量范围、电压表灵敏度及测量电路的综合内阻、准确度、表面刻度、各测量电路图及各元件数据等与（结构之一）完全一样。

不同之处有下列几点：

1. 表头参数：

灵敏度：300微安；

内　阻：160欧姆。

2. 基本误差：

直流±3%；　　交流±5%；　　电阻±10%。

3. 线绕电位器（零欧姆调整器）装于面板上，并配有圆形胶木旋钮一只。

二、电路图

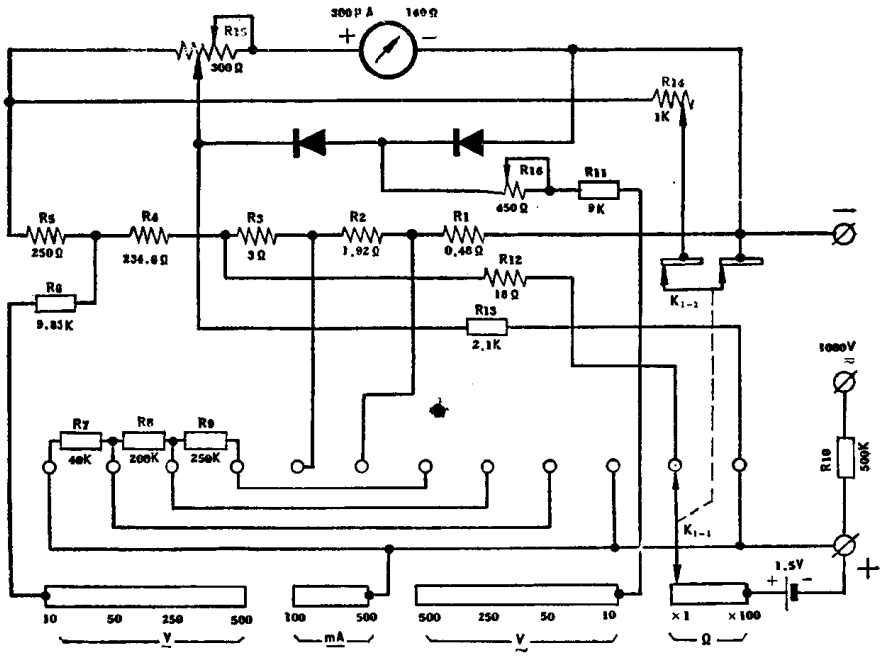


图 5 —68.1　U—1 型袖珍万用表（结构之二）总电路图

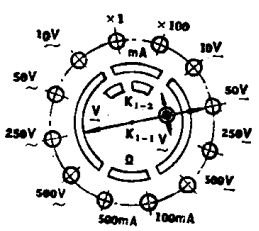


图 5 —68.2　测量种类、量程转换开关

(69) U-6型　万　用　表

（南京教学仪器厂）

一、用途及构造

1.U—6 型万用表为便携式表，共有十八档量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压及电阻。

2.外壳用胶木压制，面板上有转换开关旋钮一只，零欧姆调整旋钮一只，插孔三个。

3.电阻档用1.5伏 5 号电池两节（R ×10、R ×100、R ×1000档用）；15伏迭层电池两节（R ×10K 档用）。

4.外形尺寸为180×130×80毫米，重约1.5公斤。

二、主要技术性能

1. 测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0 -0.5- 5 -50-500mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0 -10-50-250-500-1000-2500V	2 KΩ/V	±3	
交流电压	0 -10-50-250-500-1000-2500V	2 KΩ/V	±4	
电阻	中心值：120Ω、1.2K、12、120KΩ		±10	刻度20—80%范围内以被测值的百分数表示
	倍数：R×10、×100、×1000、×10K			
	范围：0 -20-200KΩ- 2 -20MΩ			

2. 表头参数：

灵敏度：150微安；

内　阻：500欧姆。

三、电路图

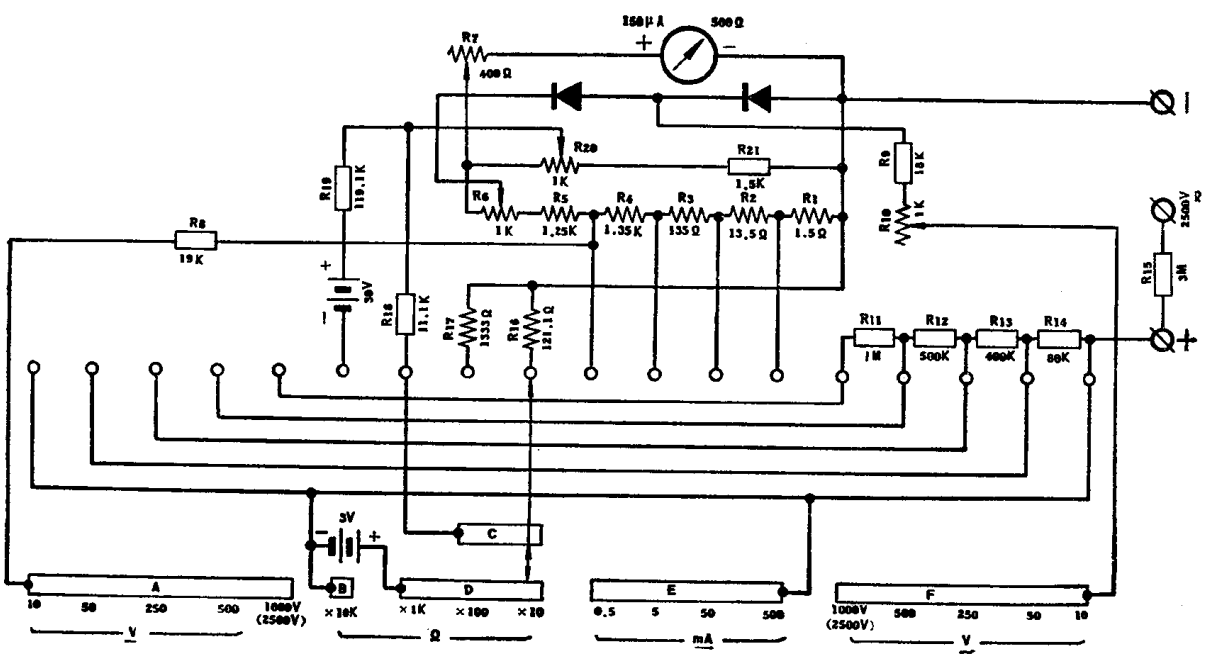


图 5—69.1　U—6 型万用表总电路图

U—6型万用表元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{12}	炭膜电阻	500KΩ
R_2	线绕电阻	13.5Ω	R_{13}	炭膜电阻	400KΩ
R_3	线绕电阻	135Ω	R_{14}	炭膜电阻	80KΩ
R_4	线绕电阻	1350Ω	R_{15}	炭膜电阻	3 MΩ
R_5	线绕电阻	1250Ω	R_{16}	线绕电阻	121.1Ω
R_6	线绕电位器	1 KΩ	R_{17}	线绕电阻	1333Ω
R_7	线绕电位器	400Ω	R_{18}	炭膜电阻	11.1KΩ
R_8	炭膜电阻	19KΩ	R_{19}	炭膜电阻	119.1KΩ
R_9	炭膜电阻	18KΩ	R_{20}	线绕电位器	1 KΩ
R_{10}	线绕电位器	1 KΩ	R_{21}	炭膜电阻	1.5KΩ
R_{11}	炭膜电阻	1 MΩ			

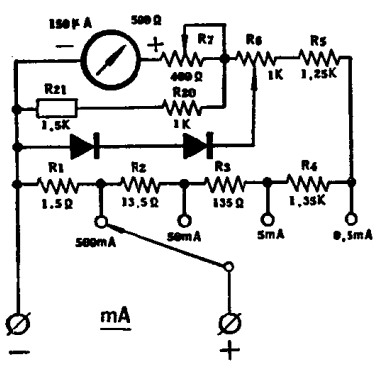


图 5—69.2　直流电流测量电路

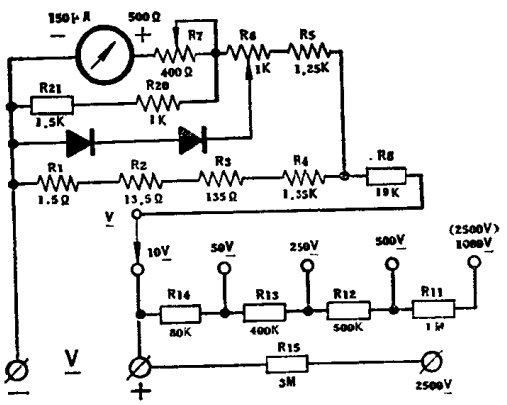


图 5—69.3　直流电压测量电路

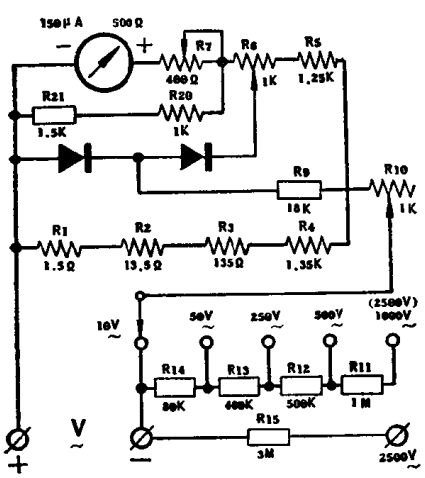


图 5—69.4　交流电压测量电路

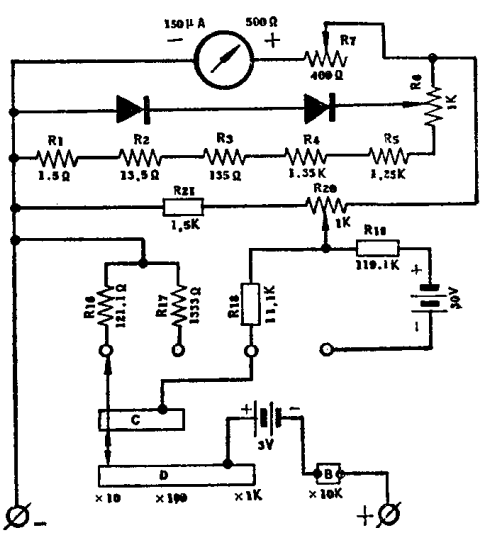


图 5—69.5　电阻测量电路

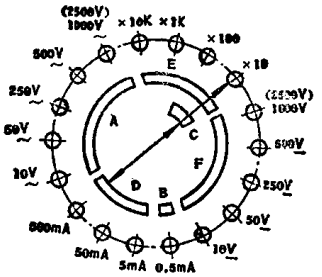


图 5 —69.6　测量种类、量程转换开关

(70) U-8型　万　用　表

一、U-8型万用表外形构造、测量范围、电压表灵敏度及测量电路的综合内阻、准确度、表面刻度均与U-6型万用表同。

转换开关上层结构与U—6型同，下层仅作为接线板用。

U—8型表头参数与电路结构与U—6型略有差异，且电池装在表底夹层中，用导线接入电路。

二、表头参数

灵敏度：130微安；　　内　阻：650欧姆。

三、电路图

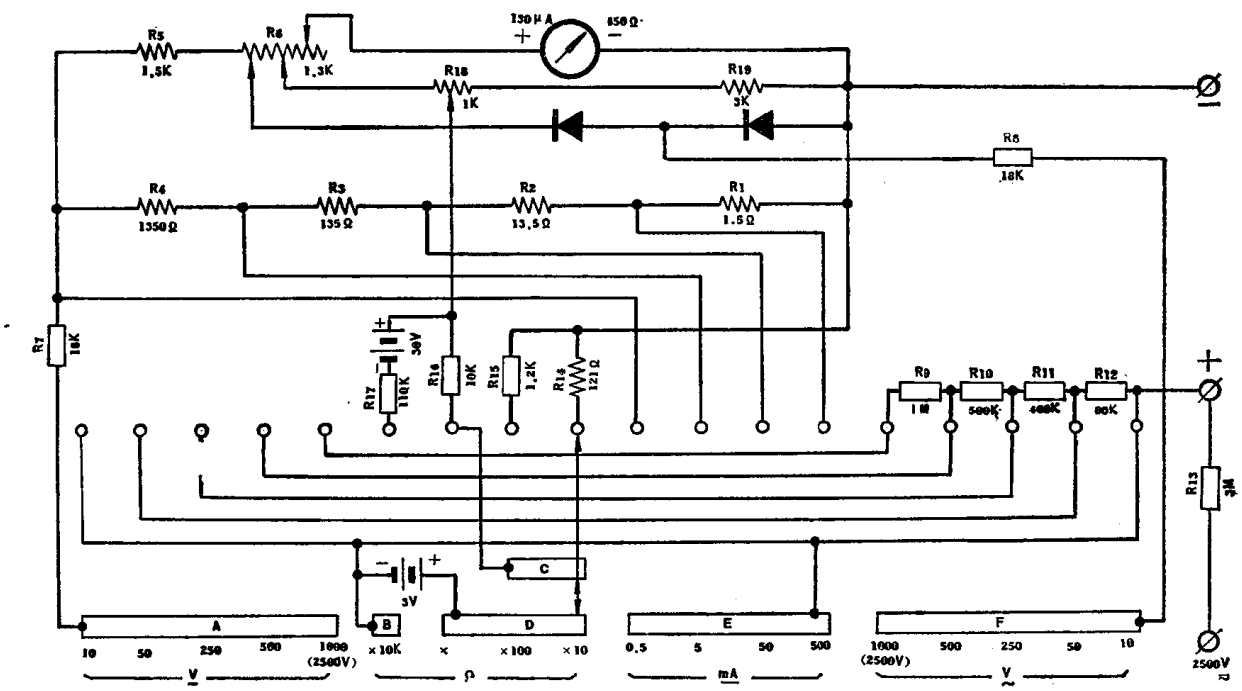


图 5 —70.1　U—8型万用表总电路图

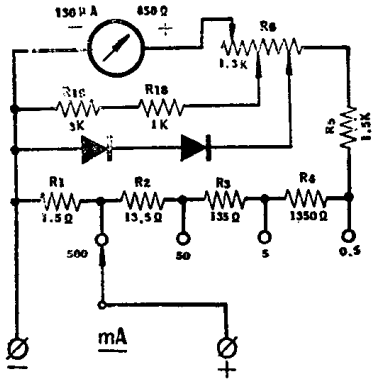


图 5—70.2　直流电流测量电路

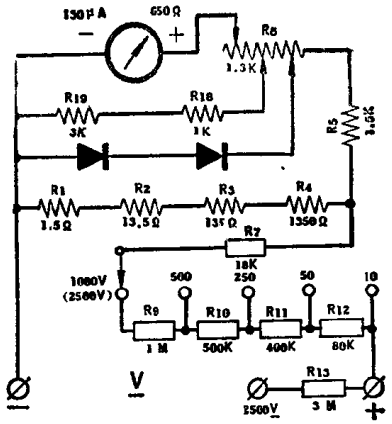


图 5—70.3　直流电压测量电路

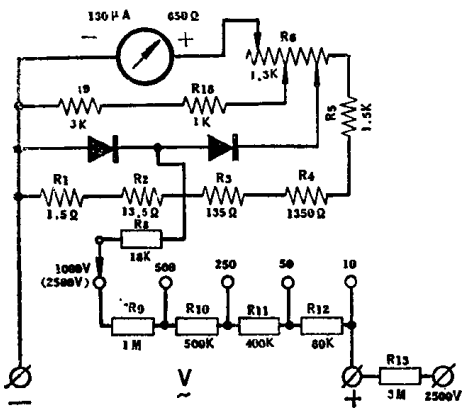


图 5—70.4　交流电压测量电路

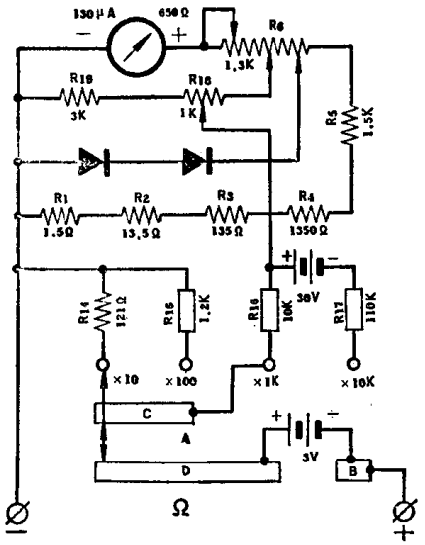


图 5—70.5　电阻测量电路

U—8型万用表元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{11}	炭膜电阻	400KΩ
R_2	线绕电阻	13.5Ω	R_{12}	炭膜电阻	80KΩ
R_3	线绕电阻	135Ω	R_{13}	炭膜电阻	3 MΩ
R_4	线绕电阻	1350Ω	R_{14}	线绕电阻	121Ω
R_5	线绕电阻	1.5KΩ	R_{15}	炭膜电阻	1.2KΩ
R_6	线绕电位器	1.3KΩ	R_{16}	炭膜电阻	10KΩ
R_7	炭膜电阻	18KΩ	R_{17}	炭膜电阻	110KΩ
R_8	炭膜电阻	18KΩ	R_{18}	线绕电阻	1 KΩ
R_9	炭膜电阻	1 MΩ	R_{19}	线绕电阻	3 KΩ
R_{10}	炭膜电阻	500KΩ			

(71) U-10型袖珍万用表

（杭州电表厂）

一、用途和构造

1.U—10型袖珍万用表有十八档基本量程、五个分贝附加量程和两个电容附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻、音频电平和电容量。

2.外壳用胶木制成。表盖采用有机玻璃。面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整旋钮一只和插孔两个。

3.电阻测量采用1.5伏5号电池一节（×1～×100档用）；9伏迭层电池一节（与1.5伏电池一同用于×1K档）。

4.外形尺寸为132×94×40毫米；重量约0.5公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-0.5-2.5-25-250mA		±2.5	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-0.5-2.5-5-25-250-500V	2KΩ/V	±2.5	
交流电压	0-5-25-100-250-500V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：0-40-400Ω-4-40KΩ 倍数：R×1、×10、×100、×1K 范围：0-5K-50K-500K-5MΩ		±2.5	以刻度尺全长的百分数表示
电容量	0.001-0.03-0.05-1μF			
电平	-10dB-0-+56dB			

2.表头参数

灵敏度：150微安；

内　阻：900欧姆。

三、电路图

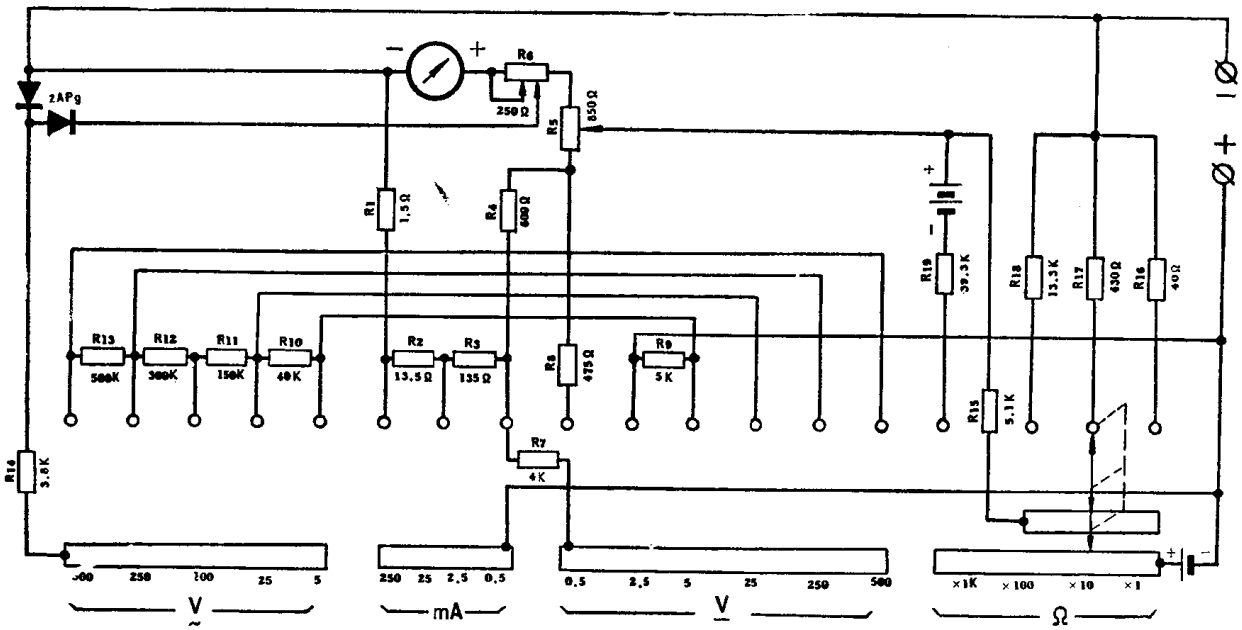


图 5 —71.1　U—10型万用表总电路图

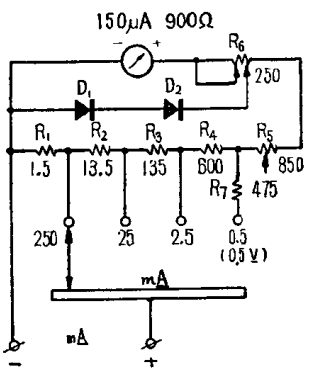


图 5 —71.2　直流电流测量电路

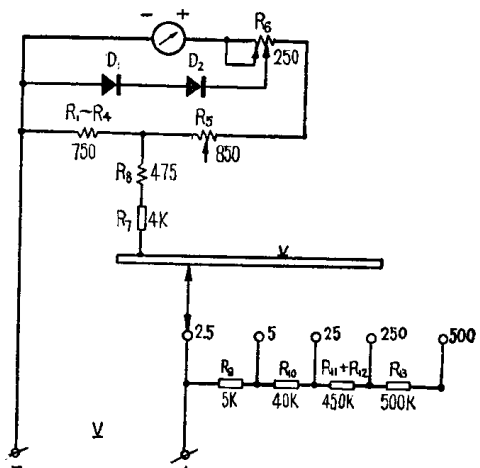


图 5 —71.3　直流电压测量电路

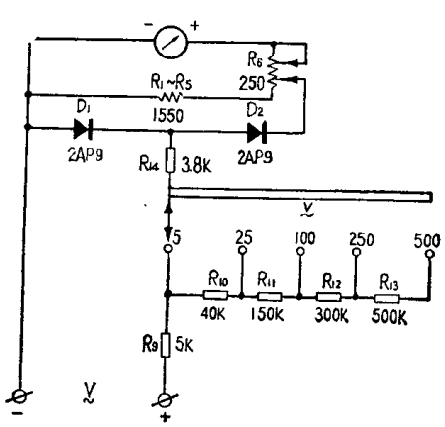


图 5 —71.4　交流电压测量电路

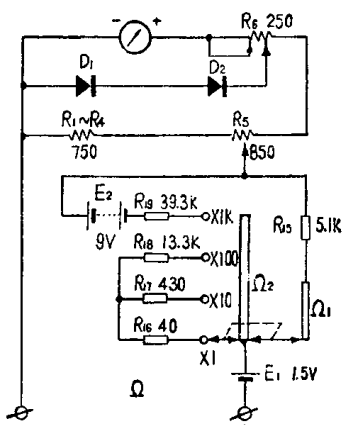


图 5 —71.5　电阻测量电路

U—10型袖珍万用表元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	1.5Ω	R_{11}	炭膜电阻	150KΩ
R_2	线绕电阻	13.5Ω	R_{12}	炭膜电阻	300KΩ
R_3	线绕电阻	135Ω	R_{13}	炭膜电阻	500KΩ
R_4	线绕电阻	600Ω	R_{14}	炭膜电阻	3.8KΩ
R_5	电位器	850Ω	R_{15}	炭膜电阻	5.1KΩ
R_6	小电位器	250Ω	R_{16}	炭膜电阻	40Ω
R_7	炭膜电阻	4KΩ	R_{17}	炭膜电阻	430Ω
R_8	线绕电阻	475Ω	R_{18}	炭膜电阻	13.3KΩ
R_9	炭膜电阻	5KΩ	R_{19}	炭膜电阻	39.3KΩ
R_{10}	炭膜电阻	40KΩ			

(72) U-101型　万　用　表

（杭州电表厂）

一、用途和构造

1.U—101型万用表共有二十二档基本量程和七档附加量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻、音频电平、电容量、电感量和晶体管直流放大倍数。

2.外壳用塑料压制。刻度盘分为红、黑、绿三色，度盘上装有反射镜，可减小视差。面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整旋钮一只和插孔三个，其中“－”为公用端。

3.表头部分采用铝镍钴五类磁钢，磁性强、稳定性好。表头两端并有二极管保护装置，可防止电流过载损坏表头。电路部分采用印刷电路。

4.电阻测量采用1.5伏5号电池一节（×1～×100档用）；22.5伏迭层电池一节（×1K档专用）。电池装在底部夹层中，换电方便。

5.外形尺寸为168×116×48毫米；重量为0.7公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)
直流电流	0-100μA 1-10-100-1000mA	—	±2.5
直流电压	0-0.25-2.5-10-50-250-500-1500V	10KΩ/V	±2.5
交流电压	0-10-50-250-500-1000V	4 K	± 4
电阻	中心值：75、750Ω、7.5、75KΩ		±2.5
	倍数：R×1、×10、×100、×1K		
	范围：0-10-100KΩ-1-10MΩ		
电平	-10-+22-+36-+50-+56-+62dB	—	—
电容量	0.001～0.3μF	用10V档	—
电感量	20～1000H	用10V档	—
晶体管直流放大倍数	0～100	—	—

2.表头参数：

灵敏度：100微安；

内　阻：850欧姆。

三、电路图

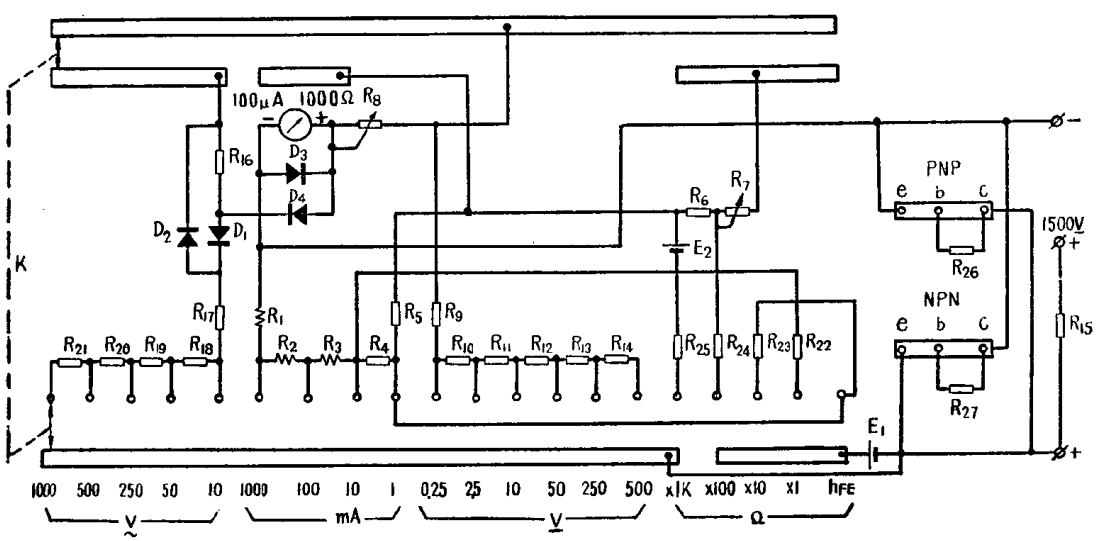


图 5—72.1　U—101型万用表总电路图

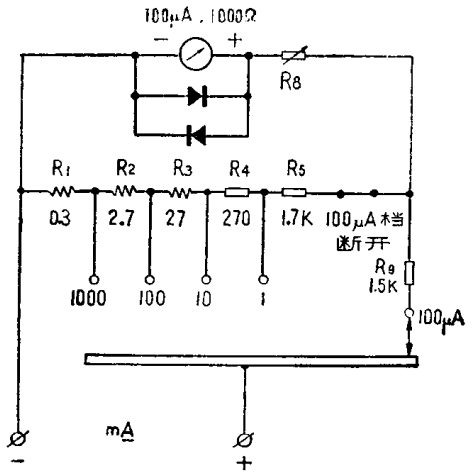


图 5—72.2　直流电流测量电路

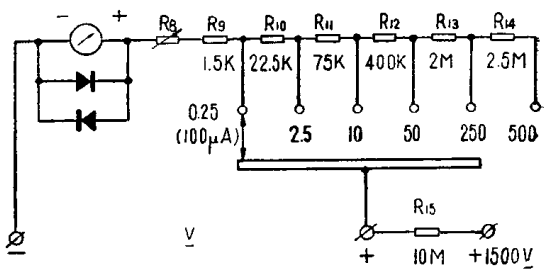


图 5—72.3　直流电压测量电路

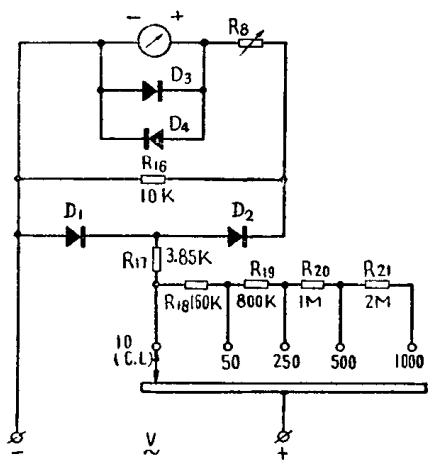


图 5—72.4　交流电压测量电路

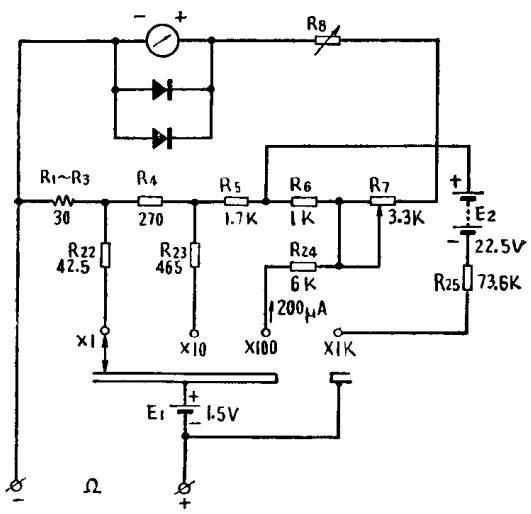


图 5—72.5　电阻测量电路

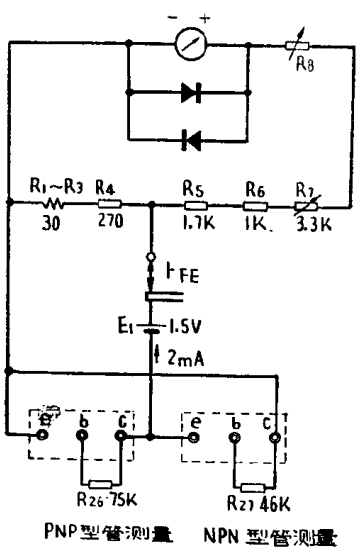


图 5—72.6　晶体管直流放大倍数测量电路

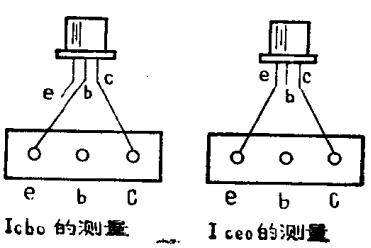


图 5—72.7　晶体管I_{cbo}、I_{ceo}的测量

U-101型万用表元件数据表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	0.3Ω	R_{17}	炭膜电阻	38.5KΩ
R_2	线绕电阻	2.7Ω	R_{18}	炭膜电阻	160KΩ
R_3	线绕电阻	27Ω	R_{19}	炭膜电阻	800KΩ
R_4	炭膜电阻	270Ω	R_{20}	炭膜电阻	1MΩ
R_5	炭膜电阻	1.7KΩ	R_{21}	炭膜电阻	2MΩ
R_6	炭膜电阻	1KΩ	R_{22}	炭膜电阻	42.5Ω
R_7	电位器	3.3KΩ	R_{23}	炭膜电阻	465Ω
R_8	可变电阻	（调整电阻）	R_{24}	炭膜电阻	6KΩ
R_9	炭膜电阻	1.5KΩ	R_{25}	炭膜电阻	73.6KΩ
R_{10}	炭膜电阻	22.5KΩ	R_{26}	炭膜电阻	75KΩ
R_{11}	炭膜电阻	75KΩ	R_{27}	炭膜电阻	46KΩ
R_{12}	炭膜电阻	400KΩ	D_1、D_2	二极管	2AK1
R_{13}	炭膜电阻	2MΩ	D_3、D_4	二极管	2CP11
R_{14}	炭膜电阻	2.5MΩ	E_1	电　池	5号 1.5V
R_{15}	炭膜电阻	10MΩ	E_2	电　池	15F20迭层式 22.5V
R_{16}	炭膜电阻	10KΩ			

测晶体三极管时，先将转换开关旋钮旋至Ω×10档位置，并短路二表棒，调整零欧姆调整器使指针对准欧姆刻度零位。然后把旋钮旋至 h_{FE} 档位置，将被测三极管插入相应的管座，并由第三条刻度读出h_{FE}值。

6.测晶体管反向截止电流I_{ceo}和I_{cbo}时，将旋钮旋至Ω×100档位置，短接二表棒并调好零位，此时满度电流为200微安。然后将管子分别按图72.7插入相应的管座，由直流刻度即可读出相应的反向截止电流值。

当I_{ceo}大于100微安时，可用Ω×10档测量，此时满度电流为2毫安，读数较准确。

(73) U-202型万用表（巨浪）

一、用途和构造

1.U-202型万用表为袖珍型，共有十二档量程，可以测量直流电流　直流电压　交流电压及电阻。

2.外壳用胶木制成。面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整旋钮一只、插孔二个

（+、－）。

3.电阻档用1.5伏5号电池一节。

4.外形尺寸为150×88×85毫米，重约0.5公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围：

测量范围		灵敏度		
直流电流	0-3-300mA			
直流电压	0-15-75-300-750V	3.333KΩ/V		
交流电压	0-15-75-300-750V	1KΩ/V		
电阻	中心值：27、2.7K			
	倍数：R×1、×100			
	范围：0-2-200KΩ			

2.表头参数：

灵敏度：130微安；

内　阻：600欧姆。

三、电路图

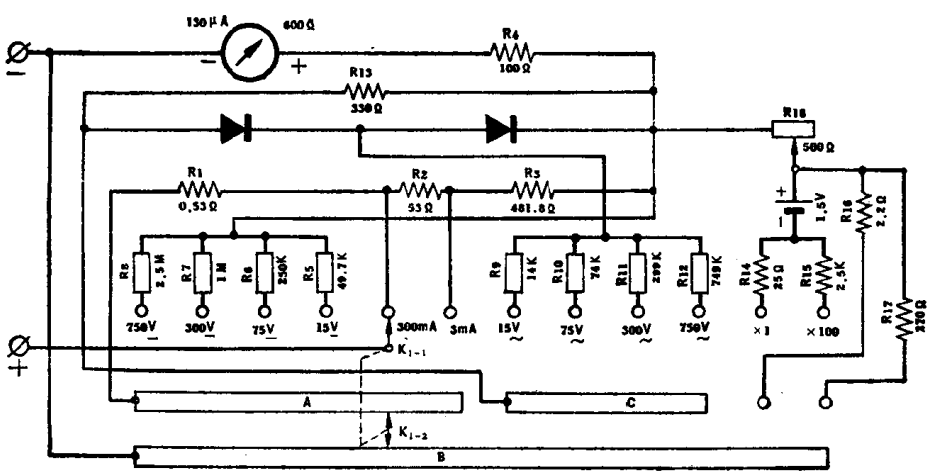


图5—73.1　U-202型万用表总电路图

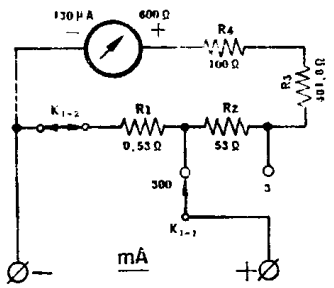


图 5 —73.2　直流电流测量电路

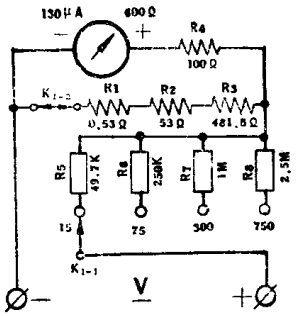


图 5 —73.3　直流电压测量电路

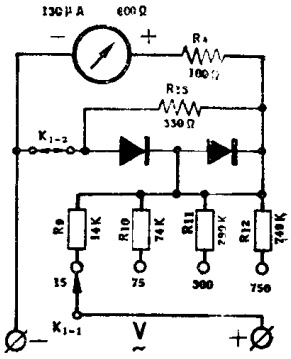


图 5 —73.4　交流电压测量电路

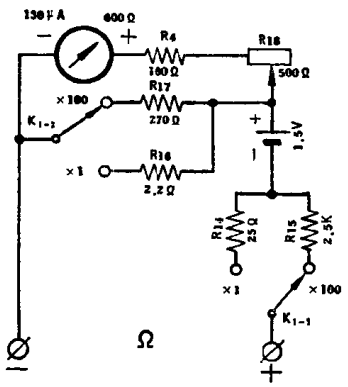


图 5 —73.5　电阻测量电路

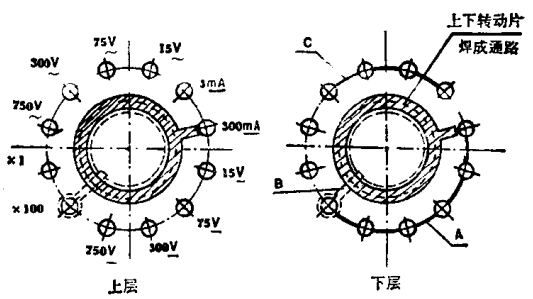


图 5 —73.6　测量种类、量程转换开关

U-202型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	0.53Ω	R_{10}	炭膜电阻	74KΩ
R_2	线绕电阻	53Ω	R_{11}	炭膜电阻	299KΩ
R_3	线绕电阻	481.8Ω	R_{12}	炭膜电阻	749KΩ
R_4	线绕电阻	100Ω	R_{13}	线绕电阻	330Ω
R_5	炭膜电阻	49.7KΩ	R_{14}	线绕电阻	25Ω
R_6	炭膜电阻	250KΩ	R_{15}	线绕电阻	2500Ω
R_7	炭膜电阻	1 MΩ	R_{16}	线绕电阻	2.2Ω
R_8	炭膜电阻	2.5MΩ	R_{17}	线绕电阻	2700Ω
R_9	炭膜电阴	14KΩ	R_{18}	炭膜电位器	500Ω

(74) U-402型 万 用 表

（上海交电站监制）

一、用途和构造

1.U-402型万用表共有二十档量程，可以测量直流电流、直流电压、交流电压及电阻、音频电平等。

2.外壳为木制，面板上装有转换开关旋钮一只、零欧姆调整旋钮一只、插孔四个（+、-、1500V、输出）。

3.外形尺寸为203×155×105毫米，重约1公斤。

二、主要技术性能

1.测量范围、基本误差：

测量范围		灵敏度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-1-10-100-500mA		±3	以刻度尺工作部分上限的百分数表示
直流电压	0-2.5-10-50-250-500V	2KΩ/V	±3	
交流电压	0-10-50-100-250-500V	2KΩ/V	±4	
电阻	中心值：12、120Ω、1.2、120KΩ		±10	以被测值的百分数表示
	倍数：R×1、×10、×100、×10KΩ			
	范围：0-2-20-200KΩ-2MΩ			
电平	-10dB—0—+15dB			

2.表头参数：

灵敏度：100微安；　　内　阻：1100欧姆。

三、电路图

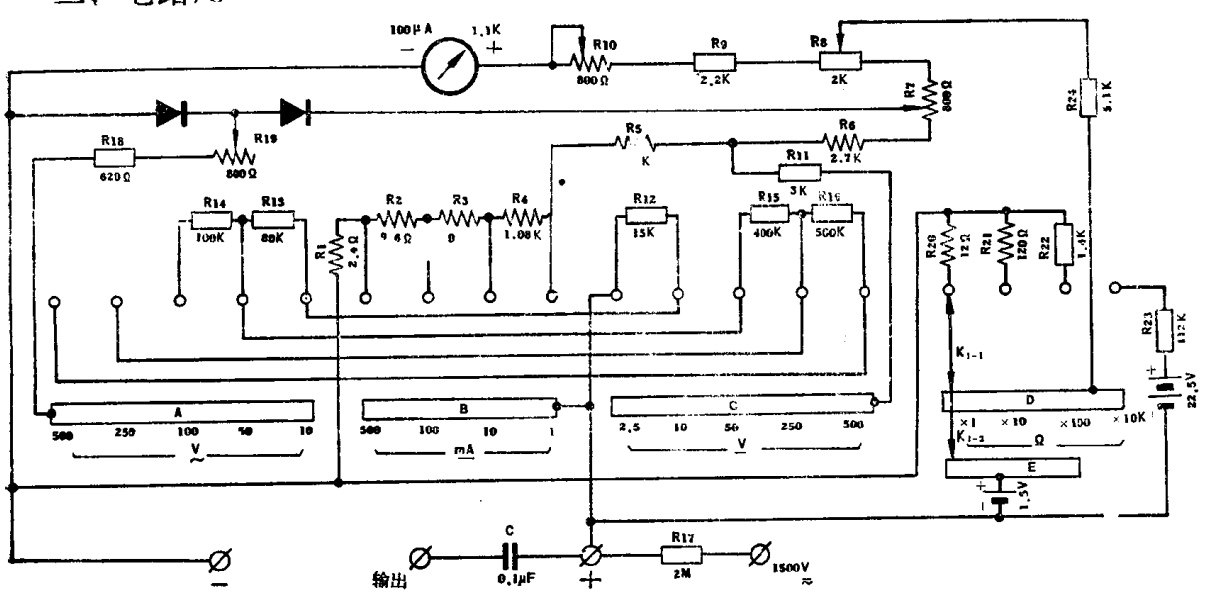


图5—74.1　U-402型万用表总电路图

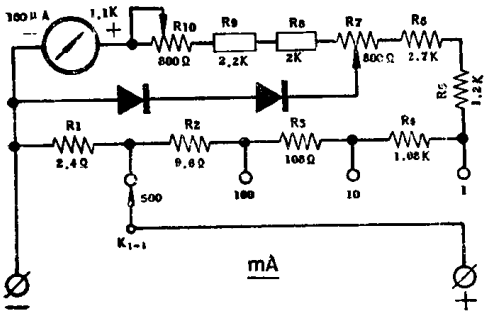


图 5 —74.2　直流电流测量电路

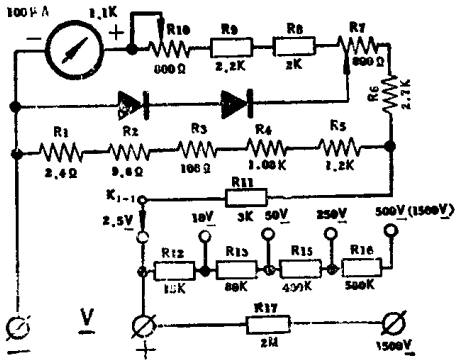


图 5 —74.3　直流电压测量电路

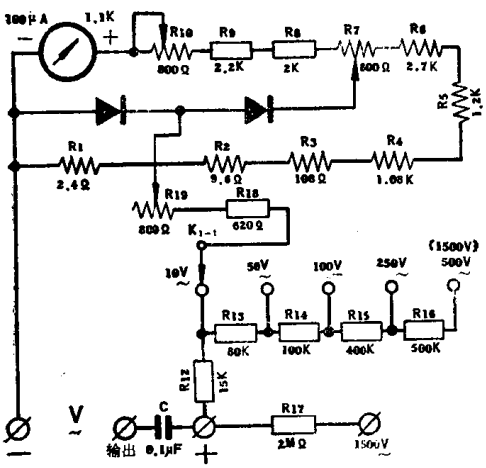


图 5 —74.4　交流电压测量电路

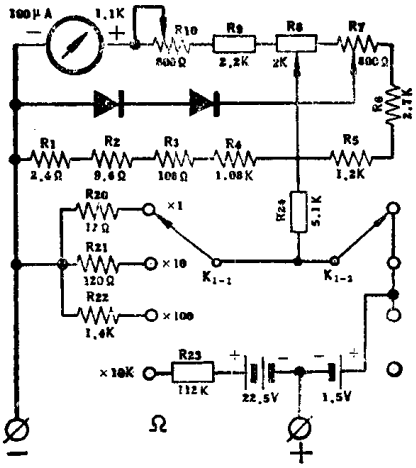


图 5 —74.5　电阻测量电路

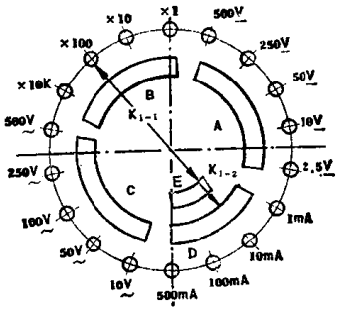


图 5 —74.6　测量种类、量程转换开关

U-402型 万 用 表 元 件 数 据 表

代号	名　称	规　格	代号	名　称	规　格
R_1	线绕电阻	2.4Ω	R_{14}	炭膜电阻	100KΩ
R_2	线绕电阻	9.6Ω	R_{15}	炭膜电阻	400KΩ
R_3	线绕电阻	108Ω	R_{16}	炭膜电阻	500KΩ
R_4	线绕电阻	1080Ω	R_{17}	炭膜电阻	2 MΩ
R_5	线绕电阻	1200Ω	R_{18}	炭膜电阻	620Ω
R_6	线绕电阻	2700Ω	R_{19}	线绕小型电位器	800Ω
R_7	线绕小型电位器	800Ω	R_{20}	线绕电阻	12Ω
R_8	炭膜电位器	2KΩ	R_{21}	线绕电阻	120Ω
R_9	炭膜电阻	2.2KΩ	R_{22}	炭膜电阻	1400Ω
R_{10}	线绕小电位器	800Ω	R_{23}	炭膜电阻	112KΩ
R_{11}	炭膜电阻	3 KΩ	R_{24}	炭膜电阻	5.1KΩ
R_{12}	炭膜电阻	15KΩ	C	纸质电容器	0.1μF
R_{13}	炭膜电阻	80KΩ			

(75) UT-1型 万 用 表

一、主要技术性能

1.测量范围：

测　量　范　围		灵 敏 度	基本误差(%)	误差表示方法
直流电流	0-1-5-25-100-250mA			
直流电压	0-5-10-50-250-500-1000V	1 KΩ/V		
交流电压	0-5-10-50-250-500-1000V	1 KΩ/V		
电　阻	R×1、×10、×100、×1KΩ			

2.表头参数：

灵敏度：800微安；

线　径：0.04毫米；

内　阻：250欧姆；

圈　数：220匝。

二、电路图

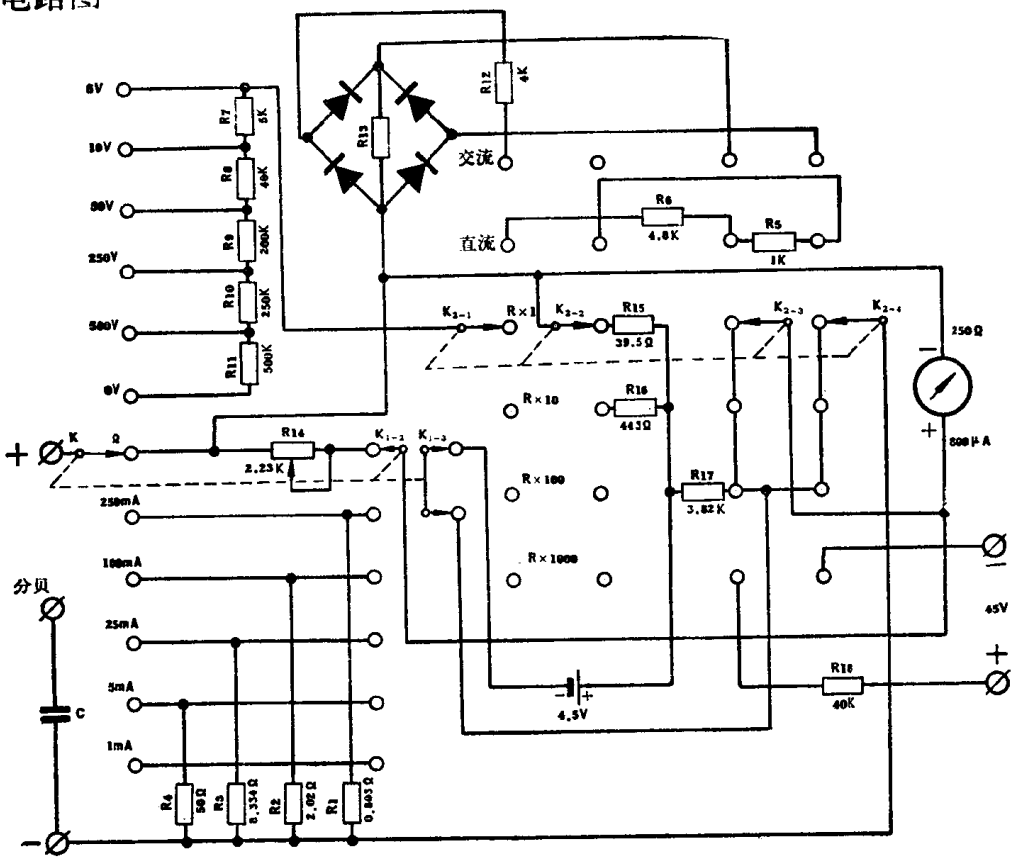


图 5—75.1　UT-1 型万用表总电路图

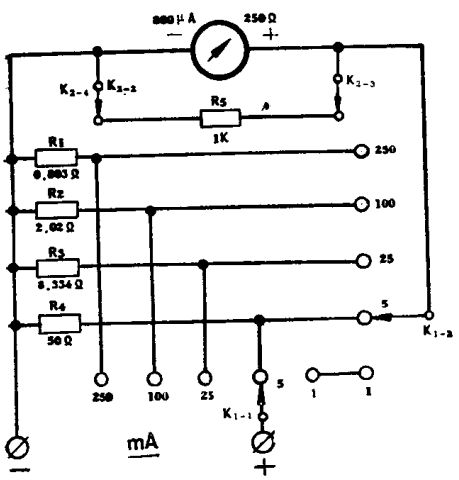


图 5—75.2　直流电流测量电路

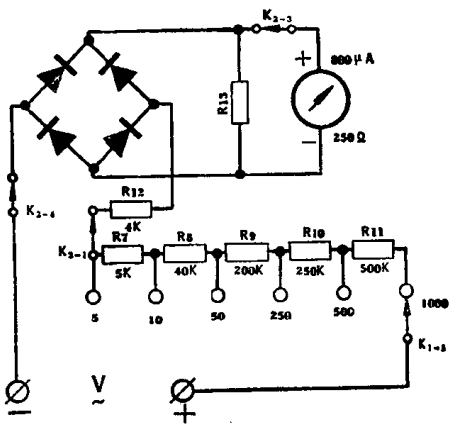


图 5—75.4　交流电压测量电路

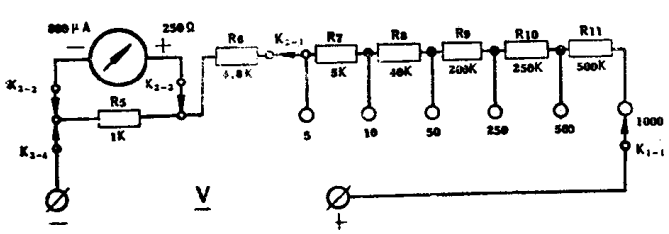


图 5—75.3　直流电压测量电路

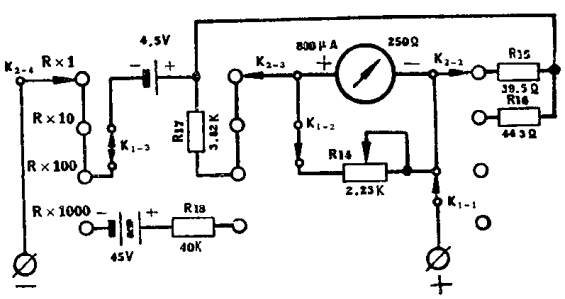


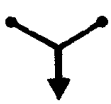
图 5—75.5　电阻测量电路

附录 1

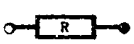
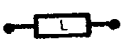
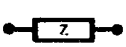
电气测量指示仪表和附件的符号

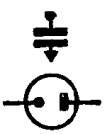
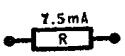
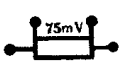
序号	名称	符号
A.测量单位的符号：		
A_1	千安	KA
A_2	安培	A
A_3	毫安	mA
A_4	微安	μA
A_5	千伏	KV
A_6	伏特	V
A_7	毫伏	mV
A_8	微伏	μV
A_9	兆瓦	MW
A_{10}	千瓦	KW
A_{11}	瓦特	W
A_{12}	兆乏	MVar
A_{13}	千乏	KVar
A_{14}	乏尔	Var
A_{15}	兆赫	MHz
A_{16}	千赫	KHz
A_{17}	赫兹	Hz
A_{18}	兆兆欧	TΩ
A_{19}	兆欧	MΩ
A_{20}	千欧	KΩ
A_{21}	欧姆	Ω
A_{22}	毫欧	mΩ
A_{23}	微欧	μΩ
A_{24}	相位角	φ
A_{25}	功率因数	$\cos\varphi$
A_{26}	无功功率因数	$\sin\varphi$
A_{27}	库伦	C
A_{28}	毫韦伯	mwb
A_{29}	毫韦伯/米^2	mT
A_{30}	微法	μF
A_{31}	微微法	PF
A_{32}	亨	H
A_{33}	毫亨	mH
A_{34}	微亨	μH
A_{35}	摄氏温度	°C
B.仪表和附件工作原理的符号		
B_1	磁电系仪表	
B_2	磁电系比率表	

电气测量指示仪表和附件的符号 （续）

序号	名称	符号	序号	名称	符号
B_3	动磁系仪表		B_{12}	感应系仪表	
B_4	动磁系比率表		B_{13}	感应系比率表	
B_5	电磁系仪表		B_{14}	磁感应系仪表	
B_6	电磁系比率表		B_{15}	静电系仪表	
B_7	极化电磁系仪表		B_{16}	振簧系仪表	
B_8	电动系仪表		B_{17}	热线系仪表	
B_9	电动系比率表		B_{18}	双金属系仪表	
B_{10}	铁磁电动系仪表		变换器和附件的附加符号		
B_{11}	铁磁电动系比率表		B_{19}	接触式热电变换器	

电气测量指示仪表和附件的符号 （续）

序号	名　　称	符　　号
B_{20}	不接触式热电变换器	
B_{21}	半导体整流器	
B_{22}	机械整流器	
B_{23}	电子管变换器	
B_{24}	分　流　器	
B_{25}	分　压　器	
B_{26}	附加电阻器	
B_{27}	附加电抗器	
B_{28}	附加阻抗器	

序号	名　　称	符　　号
B_{19}～B_{28} 符号应用举例		
B_{29}	热电系仪表（带接触式热变换器和磁电系测量机构）	
B_{30}	整流系仪表（带半导体整流器和磁电系测量机构）	
B_{31}	电子系仪表（带电子管变换器和静电系测量机构）	
B_{32}	外附定值分流器 75mV	
B_{33}	外附定值附加电阻器7.5mA	
B_{34}	外附专用附加电阻器FJ18型工厂编号N0000	
B_{35}	外附热电变换器（FE106型不接触式）	
C 电流种类及不同额定值标注的符号		
C_1	直　　流	

电气测量指示仪表和附件的符号 （续）

序号	名　　称	符　　号
C_2	交流（单相）	~
C_3	直流和交流	⎓
C_4	具有单元件的三相平衡负载交流	≋
C_5	具有两元件的三相不平衡负载交流	≋
C_6	具有三元件的三相四线不平衡负载交流	≋
C_7	额定值（以频率为例）	500Hz
C_8	额定范围（以频率为例）	45—65Hz
C_9	额定值（50Hz）和扩大范围(20～120Hz)	20—50—120Hz
C_{10}	额定范围（45～65Hz）和扩大范围(90～110,180～500Hz)	45—65—500Hz
C_{11}	最大容许电压为额定值的1.5倍	$U_{max}=1.5U_n$
C_{12}	最大容许电流为额定值的2倍	$I_{max}=2I_n$
C_{13}	最大容许电压为380V	$U_{max}=380V$
C_{14}	最大容许电流为10A	$I_{max}=10A$
C_{15}	定值导线	R_d
C_{16}	专用导线电阻为0.14Ω	$R_j=0.14\Omega$
C_{17}	外部临界电阻100～500Ω	$r_c=100\sim500\Omega$
C_{18}	接电流互感器 500:5A	$\frac{I_1}{I_2}=\frac{500}{5}$
C_{19}	接电压互感器 3000:100V	$\frac{U_1}{U_2}=\frac{3000}{100}$
C_{20}	仪表指示值温度系数（以偏离额定温度值±10°C的数值表示例如±0.25%/10°C)	±0.25

D.准确度等级、工作位置，绝缘强度的符号

D_1	以标度尺量限百分数表示的准确度等级例如1.5级	1.5
D_2	以标度尺长度百分数表示的准确度等级，例如1.5级	1.5
D_3	以指示值的百分数表示的准确度等级，例如1.5级	(1.5)
D_4	标度尺位置为垂直的	⊥

电气测量指示仪表和附件的符号 （续）

序号	名　　称	符　　号
D_5	标度尺位置为水平的	
D_6	标度尺位置与水平面倾斜成一角度例如60°	
D_7	沿地磁场方向放置的位置	
D_8	不进行绝缘强度试验	
D_9	绝缘强度试验电压为500V	
D_{10}	绝缘强度试验电压为2kV	
D_{11}	危险（测量线路与外壳间的绝缘强度不符合标准规定，符号为红色）	
E.端钮、转换开关、调零器和止动器的符号		
E_1	负　端　钮	

序号	名　　称	符　　号
E_2	正　端　钮	
E_3	公共端钮（多量限仪表和复用电表）	
E_4	交流端钮	
E_5	电源端钮（功率表、无功功率表、相位表）	
E_6	接地用的端钮（螺钉或螺杆）	
E_7	与外壳相连接的端钮	
E_8	与屏蔽相连接的端钮	
E_9	与仪表可动线圈连接的端钮	
E_{10}	调　零　器	

电气测量指示仪表和附件的符号 （续）

序号	名　　称	符　　号
E_{11}	止　动　器	止
E_{12}	止动方向	
E_{13}	注意！遵照使用说明书及质量合格证明书规定	
F.按外界条件分组符号		
F_1	Ⅰ级防外磁场（例如磁电系）	
F_2	Ⅰ级防外电场（例如静电系）	
F_3	Ⅱ级防外磁场及电场	
F_4	Ⅲ级防外磁场及电场	
F_5	Ⅳ级防外磁场及电场	
F_6	外磁场极限频率f_k之值不等于100Hz例如500Hz	$t_k=500Hz$
F_7	专供安置于钢开关板或钢底板上	F_e
F_8	专供安置于非铁磁开关板或底板上	NF_e
F_9	符合本标准第33条钢板影响	无标志
F_{10}	A组仪表	不标注
F_{11}	B组仪表	
F_{12}	C组仪表	

附录 2

游丝的规格和有关数据表（上海仪表游丝厂）

序号	统一编号	力矩（毫克·厘米/90°）	d_1 公称尺寸（毫米）	d_1 允差（毫米）	d_2 公称尺寸（毫米）	d_2 允差（毫米）	B 公称尺寸（米）	B 允差（米）	匝数	电阻（欧姆）
1	电(D)7×0.5	0.5	7		4		0.21		3.5	4.0
2	电(D)7× 5	5	7		3.5		0.31		5.5	1.24
3	电(D)7×28	28	7		3.8		0.42		5.0	0.5
4	电(D)8×3	3	8		3.5		0.30		5.5	1.5
5	电(D)8×7	7	8		3.5		0.36		5.5	0.8
6	电(D)8×10	10	8		3.8		0.37		5.5	0.83
7	电(D)8×16	16	8		3.5		0.40		5.5	0.7
8	电(D)8×20	20	8		3.5		0.42		5.5	0.63
9	电(D)8×25	25	8		3.7		0.48		6.5	0.58
10	电(D)8×32	32	8		4.0		0.51		6.5	0.53
11	电(D)8×36	36	8		3.5		0.52		6.5	0.49
12	电(D)8×50	50	8		3.5		0.52		7.0	0.45
13	电(D)8×56	56	8	±0.6	3.3	±0.6	0.62	±0.02	7.5	0.4
14	电(D)8×63	63	8		3.5		0.67		7.5	0.42
15	电(D)8×80	80	8		3.5		0.47		5.5	0.35
16	电(D)8×85	85	8		3.4		0.44		6.0	0.35
17	电(D)9×1	1	9		3.5		0.29		7.5	0.32
18	电(D)9×2.5	2.5	9		3.5		0.31		6.5	2.1
19	电(D)9×3.5	3.5	9		3.5		0.35		6.5	1.7
20	电(D)9×4.5	4.5	9		3.7		0.41		6.5	1.3
21	电(D)9×5	5	9		3.5		0.36		6.5	1.3
22	电(D)9×7	7	9		3.8		0.38		6.5	1.1
23	电(D)9×8	8	9		3.5		0.37		6.5	1.1
24	电(D)9×10	10	9		3.7		0.41		6.5	0.9
25	电(D)9×14	14	9		3.8		0.44		6.5	0.8
26	电(D)9×16	16	9		4.5		0.69		4.5	0.53

（续）

序号	统一编号	力矩（毫克·厘米/90°）	d_1		d_2		B		匝数	电阻（欧姆）
			公称尺寸	允差	公称尺寸	允差	公称尺寸	允差		
			毫米							
27	电(D)9×17	17	9		4.0		0.41		6.5	0.8
28	电(D)9×18	18	9		5.0	±0.6	0.41		6.25	
29	电(D)9×20	20	9		4.2		0.55		6.5	0.6
30	电(D)9×21	21	9		4.0		0.53		6.5	0.6
31	电(D)9×23	23	9		3.5		0.52		6.5	0.6
32	电(D)9×25	25	9		5		0.51		6.25	0.63
33	电(D)9×27	27	9		3.7		0.54		5.75	0.5
34	电(D)9×30	30	9		3.5		0.48		6.5	0.57
35	电(D)9×40	40	9		4		0.57		6.5	0.45
36	电(D)9×55	55	9		3.5		0.30		9.5	0.83
37	电(D)9×140	140	9		3.5		0.69		7.5	0.29
38	电(D)10.6×5	5	10.6		3.7		0.33		6.5	1.4
39	电(D)10.6×10	10	10.6	±0.6	4	+0.6	0.46	±0.02	7.5	1.15
40	电(D)10.6×11	11	10.6		4		0 43		8.5	1.2
41	电(D)10.6×13	13	10.6		3.7		0.39		8.5	1.1
42	电(D)10.6×14	14	10.6		4		0.42		7.5	0.97
43	电(D)10.6×18	18	10.6		3.5		0.50		7.5	0.7
44	电(D)10.6×21	21	10.6		4		0.48		7.5	0.76
45	电(D)10.6×24	24	10.6		4		0.55		7.5	0.71
46	电(D)10.6×30	30	10.6		6		0.56		3.5	0.45
47	电(D)10.6×36	36	10.6		4		0.52		7.5	0.66
48	电(D)10.6×42	42	10.6		4		0.5		7.5	0.66
49	电(D)10.6×48	48	10.6		4		0.46		7.5	0.6
50	电(D)10.6×57	57	10.6		3.5		0.43		7.5	0.6
51	电(D)10.6×60	60	10.6		4		0.53		7.5	0.51
52	电(D)10.6×70	70	10.6		4		0.52		7.5	0.48

（续）

序号	统一编号	力矩（毫克·厘米/90°）	d_1 公称尺寸（毫米）	d_1 允差（毫米）	d_2 公称尺寸（毫米）	d_2 允差（毫米）	B 公称尺寸（毫米）	B 允差（毫米）	匝数	电阻（欧姆）
53	电(D)10.6×7.5	75	10.6		4.3		0.55		6.5	
54	电(D)10.6×80	80	10.6		4		0.54		7.5	0.42
55	电(D)10.6×90	90	10.6		4		0.37		6.5	0.9
56	电(D)12×1	1	12		4.7		0.33		6.5	2.7
57	电(D)12×7	7	12		4.5		0.46		6.5	1.3
58	电(D)12×8	8	12		4		0.41		6.5	1.1
59	电(D)12×9.5	9.5	12	±0.6	4	+0.6	0.40		6.5	1.1
60	电(D)12×13	13	12		4.5		0.43		6.5	0.9
61	电(D)12×16	16	12		5		0.56		6.5	0.8
62	电(D)12×25	25	12		4		0.48		6.5	0.79
63	电(D)12×35	35	12		5		0.52		6.5	0.6
64	电(D)12×45	45	12		4.7		0.49		6.2	0.6
65	电(D)12×50	50	12				0.44		7.5	
66	电(D)12×54	54	12		4.5		0.58		6.5	0.5
67	电(D)12×70	70	12		4.5		0.68	±0.02	6.5	0.4
68	电(D)12×110	110	12		4.5		0.69		6.5	0.36
69	电(D)14×24	24	14		5		0.5		7.5	0.93
70	电(D)14×26	26	14		6		0.54		3.2	0.5
71	电(D)14×27	27	14		5		0.54		7.5	0.8
72	电(D)14×30	30	14	±1	5	+1	0.52		7.5	0.77
73	电(D)14×35	35	14		5		0.55		7.5	0.77
74	电(D)14×40	40	14		6		0.66		8.25	0.7
75	电(D)14×45	45	14		5		0.66		8	0.56
76	电(D)14×50	50	14		5		0.67		7.5	0.58
77	电(D)14×56	56	14		5		0.68		7.5	0.57
78	电(D)14×60	60	14		5		0.69		7.5	0.5

（续）

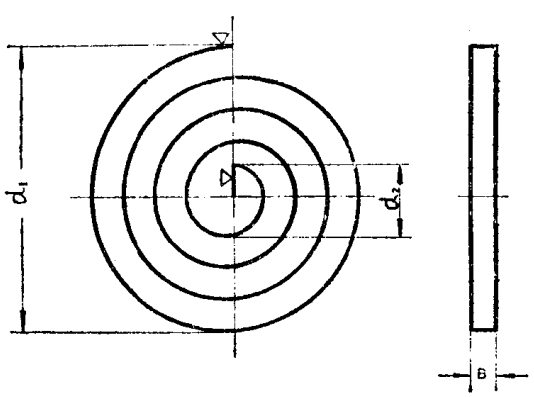
序号	统一编号	力矩（毫克·厘米/90°）	d_1		d_2		B		匝数	电阻（欧姆）
			公称尺寸	允差	公称尺寸	允差	公称尺寸	允差		
			毫				米			
79	电(D)14×63	63	14		5		0.69		8	0.54
80	电(D)14×70	70	14		4		0.62		8	0.53
81	电(D)14×71	71	14		5		0.70		7.5	0.52
82	电(D)14×73	73	14		5.6		0.71		9	0.6
83	电(D)14×78	78	14		5		0.71		9	0.51
84	电(D)14×80	80	14		5.8		0.69		7.5	0.47
85	电(D)14×85	85	14		4.5		0.69		8	0.6
86	电(D)14×90	90	14		4.5		0.69		8	0.46
87	电(D)14×100	100	14		5		0.69		8.5	0.48
88	电(D)14×110	110	14		4.5		0.67		7	0.4
89	电(D)14×112	112	14		5		0.69		8.5	0.45
90	电(D)14×115	115	14		5.5		0.71		8.25	0.5
91	电(D)14×115	115	14		4.5		0.69		9.25	0.46
92	电(D)14×125	125	14		5		0.69		8.5	0.42
93	电(D)14×130	130	14		4.5		0.60		7	0.4
94	电(D)14×140	140	14	±1	5	+1	0.71	±0.02	8.5	0.4
95	电(D)14×145	145	14		5		0.85		7	0.32
96	电(D)14×155	155	14		5.5		0.69		8.5	0.4
97	电(D)14×160	160	14		5		0.71		8.5	0.4
98	电(D)14×180	180	14		5		0.71		8.5	0.36
99	电(D)14×200	200	14		5		0.71		8.5	0.35
100	电(D)14×224	224	14		5.2		0.71		9	0.36
101	电(D)14×250	250	14		5		0.71		9	0.33
102	电(D)14×280	280	14		5		0.71		8.5	0.32
103	电(D)14×315	315	14		5		0.75		8.5	0.3
104	电(D)14×355	355	14		5		0.81		8.5	0.26

（续）

序号	统一编号	力矩（毫克·厘米/90°）	d_1 公称尺寸（毫米）	d_1 允差（毫米）	d_2 公称尺寸（毫米）	d_2 允差（毫米）	B 公称尺寸（毫米）	B 允差（毫米）	匝数	电阻（欧姆）
105	电(D)14×400	400	14		5.5		0.48		9	
106	电(D)14×450	450	14		5		0.83		9	
107	电(D)14×500	500	14		4.8		0.82		9	0.24
108	电(D)14×630	630	14		5		0.84		8.5	
109	电(D)14×660	660	14		4		0.69		7.5	
110	电(D)14×800	800	14		5		0.92		9.5	
111	电(D)14×900	900	14		3.5		0.91		9.5	0.19
112	电(D)16×3	3	16		6		0.29		3.5	1.65
113	电(D)16×6	6	16		5		0.46		8.5	1.6
114	电(D)16×10	10	16		5.5		0.45		5.5	
115	电(D)16×50	50	16		6		0.69		7.5	0.6
116	电(D)16×80	80	16		6		0.78		7.5	0.5
117	电(D)16×90	90	16		5		0.78		7.5	0.43
118	电(D)16×100	100	16		6		0.90		7.5	0.4
119	电(D)16×110	110	16		4.5		0.89		7.5	
120	电(D)16×115	115	16		5.5		0.81		7.5	0.36
121	电(D)16×125	125	16	±1	5	+1	0.82	±0.02	7.5	0.41
122	电(D)16×150	150	16		5		0.75		7.5	0.41
123	电(D)18×150	150	18		5.3		0.90		9.5	0.4
124	电(D)18×180	180	18		5.8		0.75		9.25	0.2
125	电(D)18×190	190	18		5.5		0.75		9.25	0.4
126	电(D)18×250	250	18		4.5		0.48		8.5	0.48
127	电(D)18×300	300	18		5		0.90		8.5	0.47
128	电(D)18×400	400	18		4.5		0.91		10.5	0.3
129	电(D)18×440	440	18		5.8		0.91	±0.05	8.75	0.26
130	电(D)18×500	500	18		5.5		0.89		8.5	0.26

（续）

序号	统一编号	力矩（毫克·厘米/90°）	d_1 公称尺寸（毫米）	d_1 允差（毫米）	d_2 公称尺寸（毫米）	d_2 允差（毫米）	B 公称尺寸（毫米）	B 允差（毫米）	匝数	电阻（欧姆）
131	电(D)22×800	800	22		6		0.99		8	
132	电(D)22×2700	2700	22		6.5		1.31		8	
133	电(D)22×3900	3900	22		7.5		1.26		7.5	
134	电(D)22×4800	4800	22		13		1.51		5.75	0.15
135	电(D)22×5000	5000	22		5		1.18		7.25	
136	电(D)22×5400	5400	22		7		1.18		7.25	
137	电(D)24×400	400	24		4.5		0.86		12	
138	电(D)24×1700	1700	24		6.5		1.25		8	0.28
139	电(D)24×8000	8000	24	±1	9	+1	2.1	±0.05	7	
140	电(D)24×1600	1600	24		10.5		3.3		7.5	
141	电(D)24×2400	2400	24		10		10		6.5	
142	电(D)30×5400	5400	30		8		1.34		7.5	



游丝的外形尺寸图

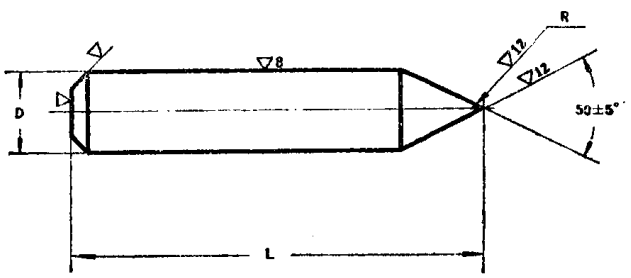
附录 3

轴尖的规格和有关数据表　　（单位：毫米）

序号	D		L		R	
	公称尺寸	允　差	公称尺寸	允　差	公称尺寸	允　差
1	φ0.5	-0.015	3	-0.200	0.010	+0.005
2	φ0.5	-0.015	3	-0.200	0.015	+0.005
3	φ0.5	-0.015	3	-0.200	0.020	+0.005
4	φ0.5	-0.015	3	-0.200	0.025	+0.005
5	φ0.5	-0.015	3	-0.200	0.030	+0.005
6	φ0.5	-0.015	4	-0.250	0.015	+0.005
7	φ0.5	-0.015	4	-0.250	0.020	+0.005
8	φ0.5	-0.015	4	-0.250	0.025	+0.005
9	φ0.5	-0.015	4	-0.250	0.030	+0.005
10	φ0.5	-0.015	4	-0.250	0.035	+0.005
11	φ0.5	-0.015	4	-0.250	0.040	+0.005
12	φ0.5	-0.015	5	-0.250	0.020	+0.005
13	φ0.5	-0.015	5	-0.250	0.025	+0.005
14	φ0.5	-0.015	5	-0.250	0.030	+0.005
15	φ0.5	-0.015	5	-0.250	0.040	+0.005
16	φ0.5	-0.020	5	-0.250	0.050	+0.010
17	φ0.5	0.020	5	-0.250	0.060	+0.010
18	φ0.5	0.020	5	-0.250	0.070	+0.010
19	φ0.75	0.015	4	-0.250	0.020	+0.005
20	φ0.75	0.015	4	-0.250	0.025	+0.005
21	φ0.75	0.015	4	-0.250	0.030	+0.005
22	φ0.75	0.015	4	-0.250	0.035	+0.005
23	φ0.75	0.015	4	-0.250	0.040	+0.005
24	φ0.75	-0.015	5	-0.250	0.025	+0.005
25	φ0.75	-0.015	5	-0.250	0.030	+0.005

（续）

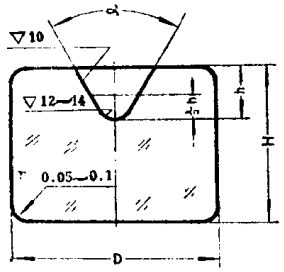
序号	D		L_1		R	
	公称尺寸	允　差	公称尺寸	允　差	公称尺寸	允　差
26	φ0.75	-0.015	5	-0.250	0.040	+0.005
27	φ0.75	-0.020	5	-0.250	0.050	+0.010
28	φ0.75	-0.020	5	-0.250	0.060	+0.010
29	φ0.75	-0.020	5	-0.250	0.070	+0.010
30	φ0.75	-0.025	5	-0.250	0.080	+0.010
31	φ0.75	-0.025	5	-0.250	0.090	+0.010
32	φ0.75	-0.025	5	-0.250	0.100	+0.010



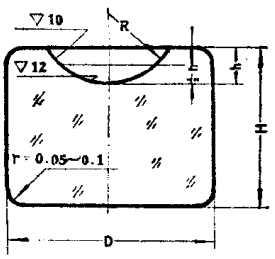
轴尖的外形尺寸图

附录 4

宝石轴承的规格和有关数据表



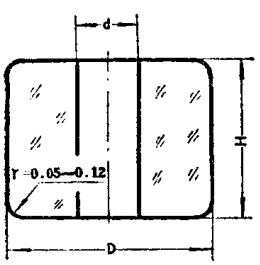
Ⅰ型（锥形槽）的外形尺寸图



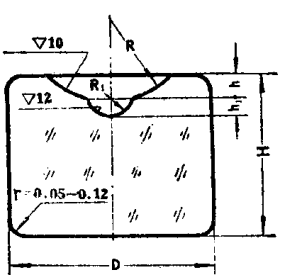
Ⅱ型（球形槽）的外形尺寸图

	D		R		h		H		α
玛瑙	1.2	-0.04	0.05	+0.05	0.30	+0.10	1.2	-0.04	80±5°
			0.10						
	1.5		0.05	+0.05	0.35		1.5		
			0.10						
			0.15						
			0.20						
			0.25						
	2.0		0.10	+0.05	0.45		2.0		
			0.15						
			0.20						
			0.25						

		D		R		h		H		α
刚玉	球形	2.5	-0.04	1.3	+0.10	0.45	+0.10	1.5	-0.12	
				1.7		0.30				
	锥形	1.5		0.05	+0.05	0.35	+0.10	1.5	-0.05	80±5°
				0.10						
				0.15						
				0.20						



Ⅲ型（通孔形）的外形尺寸图



Ⅳ型（双球形槽）的外形尺寸图

玛瑙

D		d		H	
2.5	-0.04	0.50	+0.02	1	-0.08
		0.55			
		0.60			
		0.70			
		0.80			
		1.0			
4		1.2	+0.03	1.5	
		1.5			

刚玉

D	3.5	-0.04
R	1.8	±0.10
R_1	0.50	±0.06
h	0.75	+0.10
h_1	0.20	±0.04
H	2	-0.05

（上海宝石轴承厂）

附录 5

锰铜合金线和镍铜合金线的电阻值

直径，毫米	截面积，毫米²	锰铜合金线		镍铜合金（康铜）	
		每1米长度电阻值（欧）	每1欧电阻值的长度（米）	每1米长度电阻值（欧）	每1欧电阻值的长度（米）
0.03	0.000707	606	0.00165	690	0.00145
0.04	0.00126	342	0.00293	389	0.00257
0.05	0.001963	220	0.00456	250	0.00400
0.06	0.00283	152	0.00658	173	0.00578
0.07	0.00385	112	0.00895	127	0.00782
0.08	0.00503	85.4	0.00117	97.4	0.0103
0.09	0.00636	67.6	0.0148	77.0	0.0130
0.10	0.007854	54.8	0.0183	62.4	0.0160
0.11	0.00950	45.3	0.0221	51.6	0.0194
0.12	0.01131	38.1	0.0263	43.4	0.0231
0.13	0.0133	32.4	0.0309	36.9	0.0272
0.14	0.0154	27.9	0.0358	31.8	0.0314
0.15	0.01767	24.3	0.0412	27.3	0.0361
0.16	0.0201	21.4	0.0467	24.4	0.0410
0.18	0.0255	16.9	0.0593	19.2	0.0520
0.20	0.0314	13.7	0.0730	15.6	0.0641
0.25	0.0491	8.76	0.1114	9.98	0.100
0.30	0.0707	6.06	0.164	6.93	0.144
0.35	0.0962	4.47	0.224	5.09	0.196
0.40	0.126	3.42	0.293	3.89	0.257
0.45	0.159	2.71	0.370	3.08	0.325
0.50	0.196	2.20	0.456	2.50	0.400
0.55	0.238	1.81	0.554	2.06	0.485
0.60	0.283	1.52	0.658	1.73	0.578
0.70	0.385	1.12	0.895	1.27	0.786
0.80	0.503	0.854	1.17	0.994	1.03
0.90	0.636	0.675	1.48	0.770	1.30
1.0	0.785	0.548	1.83	0.624	1.60
1.1	0.950	0.453	2.2	0.516	1.94
1.2	1.13	0.379	2.63	0.434	2.31
1.3	1.33	0.324	3.09	0.369	2.72
1.5	1.77	0.243	4.12	0.277	3.61
1.8	2.55	0.169	5.93	0.192	5.2
2.0	3.14	0.137	7.30	0.156	6.41
2.2	3.80	0.113	8.84	0.129	7.76
2.5	4.91	0.0875	1.40	0.0998	10.0
3.0	7.07	0.0606	1.64	0.0693	14.4

附录 6

漆包铜线数据表

直径 毫米	截面积 毫米^2	欧/米	米/欧	克/米	英美线规号数	
					英S.W.G	美A.W.G
0.02	0.000314	57.9	0.0173	0.0028		
0.02505	0.0004929			0.0044		50
0.02540	0.0005067			0.0045	50	
0.02813	0.0006216			0.0055		49
0.03	0.000707	25.8	0.0388	0.0063		
0.03048	0.0007297			0.0065	49	
0.03159	0.0007838			0.0070		48
0.035	0.00096					
0.03547	0.0009884			0.0088		47
0.03984	0.001246			0.0111		46
0.04	0.00126	14.4	0.0695	0.0112		
0.04064	0.001297			0.0115	48	
0.04473	0.001572			0.0140		45
0.05	0.001963	9.29	0.108	0.0175		
0.05023	0.001982			0.0176		44
0.05080	0.002027			0.0180	47	
0.05641	0.002499			0.0222		43
0.06	0.00283	6.44	0.155	0.0252		
0.06096	0.002919			0.0260	46	
0.06334	0.003151			0.0280		42
0.07	0.00385	4.73	0.212	0.0343		
0.07112	0.003973			0.0354	45	
0.07113	0.003973			0.0354		41
0.07987	0.005010			0.0445		40
0.08	0.00503	3.63	0.276	0.0448		
0.08128	0.005189			0.0462	44	

（续）

直径 毫米	截面积 毫米²	欧/米	米/欧	克/米	英美线规号数	
					英S.W.G	美A.W.G
0.08969	0.006318			0.0562		39
0.09	0.00636	2.86	0.350	0.0567		
0.09144	0.006567			0.0584	43	
0.10	0.007854	2.24	0.447	0.0700		
0.1007	0.007967			0.0708		38
0.1016	0.008107			0.0721	42	
0.11	0.00950	1.85	0.541	0.0852		
0.1118	0.009810			0.0873	41	
0.1131	0.01005			0.0893		37
0.12	0.01131	1.55	0.646	0.101		
0.1219	0.01167			0.104	40	
0.1270	0.01267			0.113		36
0.13	0.0133	1.32	0.758	0.118		
0.1321	0.01370			0.121	39	
0.14	0.01539	1.14	0.878	0.137		
0.1426	0.01597			0.142		35
0.15	0.01767	0.994	1.01	0.158		
0.1524	0.01824			0.162	38	
0.16	0.02011	0.873	1.15	0.179		
0.1601	0.02014			0.179		34
0.17	0.0227	0.773	1.29	0.202		
0.1727	0.02343			0.208	37	
0.1778	0.02483			0.221		
0.1798	0.02540			0.226		33
0.18	0.02545	0.688	1.45	0.227		
0.19	0.0284	0.618	1.62	0.253		

(续)

直径 毫米	截面积 毫米²	欧/米	米/欧	克/米	英美线规号数	
					英S.W.G	美A.W.G
0.1930	0.02927			0.260	36	
0.20	0.03142	0.568	1.76	0.280		
0.2019	0.03203			0.285		32
0.2032	0.03243			0.288		
0.21	0.0346	0.507	1.97	0.309		
0.2134	0.03575			0.318	35	
0.2268	0.04039			0.359		31
0.2286	0.04104			0.365		
0.23	0.0416	0.423	2.37	0.370		
0.2337	0.04289			0.382	34	
0.25	0.04909	0.356	2.79	0.4036		
0.2540	0.05067			0.451	33	
0.2546	0.05093			0.453		30
0.27	0.0573	0.306	3.26	0.510		
0.2743	0.05910			0.525	32	
0.2859	0.06422			0.571		29
0.29	0.0660	0.266	3.76	0.589		
0.2946	0.06818			0.606	31	
0.30	0.07069			0.628		
0.3048	0.07292			0.649		
0.31	0.075	0.233	4.28	0.673		
0.3150	0.07791			0.693	30	
0.3211	0.08098			0.720		28
0.33	0.085	0.205	4.88	0.762		
0.3302	0.08563			0.762		
0.3454	0.09372			0.834	29	

（续）

直径 毫米	截面积 毫米²	欧/米	米/欧	克/米	英美线规号数	
					英S.W.G	美A.W.G
0.35	0.09621	0.182	5.49	0.85		
0.3556	0.09932			0.883		
0.3606	0.1021			0.908		27
0.3759	0.1110			0.987	28	
0.38	0.113	0.155	6.45	1.01		
0.40	0.1257			1.12		
0.4049	0.1288			1.14		26
0.4064	0.1297			1.15		
0.41	0.132	0.133	7.52	1.18		
0.4166	0.1363			1.21	27	
0.44	0.152	0.115	8.69	1.35		
0.45	0.1590			1.42		
0.4547	0.1624			1.44		25
0.4572	0.1642			1.46	26	
0.47	0.174	0.101	9.94	1.55		
0.49	0.189	0.0931	10.7	1.67		
0.50	0.1963			1.75		
0.5080	0.2027			1.80	25	
0.51	0.204	0.0859	11.6	1.82		
0.5106	0.2047			1.82		24
0.53	0.221	0.0795	12.4	1.95		
0.55	0.238	0.0739	13.5	2.12		
0.5588	0.2452			2.18	24	
0.57	0.255	0.0687	14.2	2.28		
0.5733	0.2582			2.30		23
0.59	0.273	0.0643	15.5	2.44		

（续）

直径 毫米	截面积 毫米²	欧/米	米/欧	克/米	英美线规号数	
					英S.W.G	美A.W.G
0.60	0.2828			2.52		
0.6096	0.2919			2.59	23	
0.62	0.302	0.0580	17.2	2.67		
0.6350	0.3167			2.82		
0.64	0.322	0.0546	18.3	2.86		
0.6438	0.3255			2.89		22
0.67	0.353	0.0497	20.1	3.13		
0.69	0.374	0.0469	21.8	3.32		
0.70	0.3848			3.42		
0.7112	0.3973			3.53	22	
0.72	0.407	0.0430	23.2	3.60		
0.7229	0.4105			3.65		21
0.74	0.430	0.0408	24.5	3.83		
0.77	0.466	0.0376	26.6	4.14		
0.80	0.5027	0.0349	28.7	4.48		
0.8118	0.5176			4.60		20
0.8128	0.5189			4.62	21	
0.83	0.541	0.0324	30.8	4.81		
0.86	0.581	0.0302	33.0	5.18		
0.8890	0.6027			5.52		
0.90	0.6362	0.0275	36.4	5.77		
0.9116	0.6527			5.80		19
0.9144	0.6567			5.84	20	
0.93	0.679	0.0258	38.8	6.05		
0.96	0.724	0.0242	41.4	6.44		
1.0	0.7854	0.0224	44.6	6.98		

（续）

直径 毫米	截面积 毫米²	欧/米	米/欧	克/米	英美线规号数	
					英S.W.G	美A.W.G
1.016	0.8107			7.21	19	
1.024	0.8231			7.32		18
1.04	0.849	0.0206	48.5	7.55		
1.067	0.8938			7.94		
1.08	0.916	0.0192	52.1	8.14		
1.12	0.985	0.0178	56.2	8.76		
1.150	1.038			9.23		17
1.160	1.06	0.0166	60.3	9.40		
1.20	1.131	0.0155	64.5	10.0		
1.219	1.167			10.4	18	
1.245	1.217			10.8		
1.25	1.23	0.0143	70.0	10.9		
1.291	1.309			11.6		16
1.30	1.33	0.0135	74.1	11.8		
1.35	1.43	0.0122	82.0	12.7		
1.40	1.539	0.0117	85.4	13.7		
1.422	1.589			14.1	17	
1.450	1.65	0.0106	94.4	14.7		15
1.473	1.705			15.1		
1.50	1.77	0.00993	101	15.7		
1.56	1.91	0.00918	109	17.0		
1.60	2.011			17.8		
1.62	2.06	0.00850	118	18.3		
1.626	2.075			18.4	16	
1.628	2.081			18.5		14
1.651	2.141			19.0		

（续）

直径 毫米	截面积 毫米²	欧/米	米/欧	克/米	英美线规号数	
					英S.W.G	美A.W.G
1.68	2.22	0.00792	126	19.7		
1.74	2.38	0.00738	134	21.1		
1.80	2.545			22.6		
1.81	2.57	0.00683	146	22.9		
1.828	2.624			23.3		13
1.829	2.627			23.4	15	
1.88	2.78	0.00631	159	24.5		
1.95	2.99	0.00587	173	26.5		
2.0	3.142			27.9		
2.02	3.20	0.00548	182	28.5		
2.032	3.243			28.8	14	
2.053	3.309			29.4		12
2.10	3.46	0.00506	197	30.8		
2.108	3.491			31.8		

附录 7　对于各种电流密度而言的导线电流负载

不带绝缘时导线的直径毫米	截面积 毫米²	在下列各种电流密度下，导线中容许的电流负载（安）					
		1.5安/毫米²	2安/毫米²	2.5安/毫米²	3安/毫米²	4安/毫米²	5安/毫米²
0.025	0.00049	0.00073	0.00098	0.00123	0.00147	0.00196	0.00245
0.030	0.00071	0.00107	0.00142	0.00178	0.00213	0.00284	0.00355
0.035	0.00096	0.00144	0.00192	0.00240	0.00288	0.00384	0.00480
0.040	0.00126	0.00189	0.00252	0.00315	0.00378	0.00504	0.00630
0.045	0.00159	0.00239	0.00318	0.00398	0.00477	0.00636	0.00795
0.050	0.00196	0.00294	0.00392	0.00490	0.00588	0.00784	0.00980
0.055	0.00238	0.00357	0.00476	0.00595	0.00714	0.00952	0.01190
0.060	0.00283	0.00425	0.00566	0.00708	0.00849	0.01132	0.01415
0.065	0.00332	0.00498	0.00664	0.00830	0.00996	0.01328	0.01660
0.070	0.00385	0.00580	0.00770	0.00970	0.01160	0.01540	0.01930
0.075	0.00442	0.00670	0.00884	0.01107	0.01330	0.01768	0.02214
0.080	0.00503	0.00760	0.01010	0.01260	0.01510	0.02020	0.02520
0.085	0.05670	0.00850	0.01130	0.01420	0.01700	0.02260	0.02830
0.090	0.00636	0.00960	0.01270	0.01590	0.01910	0.02540	0.03180
0.095	0.00709	0.01070	0.01420	0.01780	0.02130	0.02840	0.03550
0.100	0.00850	0.01180	0.01570	0.01960	0.02350	0.03140	0.03920
0.110	0.00950	0.01430	0.01900	0.02380	0.02850	0.03800	0.04750
0.120	0.01130	0.01690	0.02260	0.02830	0.03390	0.04520	0.05650
0.130	0.01330	0.01990	0.02660	0.03330	0.03990	0.05320	0.06650
0.140	0.01540	0.02310	0.03080	0.03850	0.04620	0.06160	0.07700
0.150	0.01770	0.02650	0.03540	0.04420	0.05300	0.07080	0.08840
0.160	0.02010	0.03020	0.04020	0.05030	0.06030	0.08040	0.10050
0.170	0.02270	0.03400	0.04540	0.05680	0.06810	0.09080	0.11350
0.180	0.02550	0.03830	0.05100	0.06380	0.07650	0.10200	0.12750
0.190	0.02840	0.04260	0.05680	0.07100	0.08520	0.11360	0.14200
0.200	0.03140	0.04710	0.06280	0.07850	0.09420	0.12560	0.15700
0.210	0.03460	0.05200	0.06920	0.08660	0.10400	0.13840	0.17320
0.220	0.03800	0.05700	0.07600	0.09500	0.11400	0.15200	0.19000
0.230	0.04160	0.06300	0.08320	0.10410	0.12500	0.16640	0.20820
0.240	0.04520	0.06800	0.09040	0.11320	0.13500	0.18080	0.22640
0.250	0.04910	0.07400	0.09820	0.12410	0.14700	0.19640	0.24820
0.260	0.05310	0.07900	0.10600	0.13250	0.15900	0.21200	0.26500
0.270	0.05730	0.08600	0.11500	0.14350	0.17200	0.2300	0.28700
0.280	0.06160	0.09300	0.12300	0.15400	0.18500	0.24600	0.30800
0.290	0.06610	0.09900	0.13200	0.16500	0.19800	0.26400	0.33000
0.300	0.07070	0.10600	0.14100	0.17650	0.21200	0.28200	0.35300
0.310	0.07550	0.11400	0.15100	0.18900	0.22700	0.30200	0.37800
0.320	0.08040	0.12000	0.16100	0.20100	0.24100	0.32200	0.40200
0.330	0.00850	0.12900	0.17100	0.21400	0.25700	0.34200	0.42800

（续）

不带绝缘时导线的直径毫米	截面积 毫米²	在下列各种电流密度下，导线中容许的电流负载（安）					
		1.5安/毫米²	2安/毫米²	2.5安/毫米²	3安/毫米²	4安/毫米²	5安/毫米²
0.340	0.09080	0.13700	0.18200	0.23750	0.27300	0.36400	0.47500
0.350	0.09620	0.14500	0.19200	0.24050	0.28900	0.38400	0.48100
0.360	0.10200	0.15300	0.20400	0.25500	0.30600	0.40800	0.51000
0.370	0.10800	0.16200	0.21600	0.27000	0.32400	0.43200	0.54000
0.380	0.11300	0.16900	0.22600	0.28300	0.33900	0.45200	0.56500
0.390	0.11900	0.17700	0.23800	0.29600	0.35400	0.47600	0.59200
0.400	0.12600	0.18900	0.25200	0.31500	0.37800	0.50400	0.63000
0.410	0.13200	0.19800	0.26400	0.33000	0.39600	0.52800	0.66000
0.420	0.13900	0.20900	0.27800	0.34800	0.41700	0.55600	0.69500
0.430	0.14500	0.21800	0.29000	0.36800	0.43500	0.58000	0.72500
0.440	0.15200	0.22800	0.30400	0.38000	0.45600	0.60800	0.76000
0.450	0.15900	0.23900	0.31800	0.39800	0.47700	0.63900	0.79500
0.460	0.16600	0.24900	0.33200	0.41500	0.49800	0.66400	0.83000
0.470	0.17300	0.25900	0.34600	0.43300	0.51900	0.69200	0.86500
0.480	0.18100	0.27300	0.36200	0.45300	0.54300	0.72400	0.90500
0.490	0.18900	0.28400	0.37800	0.47800	0.56700	0.75600	0.94500
0.500	0.19600	0.29400	0.39200	0.49000	0.58800	0.79400	0.98000
0.510	0.20400	0.30600	0.40800	0.51000	0.61200	0.81600	1.02000
0.520	0.21200	0.31800	0.42400	0.53200	0.63600	0.84800	1.06400
0.530	0.22100	0.33200	0.44200	0.55300	0.66300	0.88400	1.10500
0.540	0.22900	0.34400	0.45800	0.57300	0.68700	0.91600	1.14500
0.550	0.23800	0.35700	0.47600	0.59500	0.71400	0.95200	1.19000
0.560	0.24600	0.36900	0.49200	0.61500	0.73800	0.98400	1.23000
0.570	0.25500	0.38800	0.51000	0.64300	0.77500	1.02000	1.28500
0.580	0.26400	0.39600	0.52800	0.66000	0.79200	1.05600	1.32000
0.590	0.27300	0.40900	0.54600	0.68300	0.81900	1.09200	1.36500
0.600	0.28300	0.42500	0.56600	0.70800	0.84900	1.13200	1.41500
0.620	0.30200	0.45300	0.60400	0.75500	0.90600	1.20800	1.51000
0.640	0.32200	0.48300	0.64400	0.80500	0.96600	1.28800	1.61000
0.650	0.33200	0.49800	0.66400	0.83000	0.99600	1.32800	1.66000
0.660	0.34200	0.51500	0.68400	0.85700	1.03000	1.36800	1.71400
0.670	0.35300	0.53000	0.72600	0.89300	1.06000	1.45200	1.76500
0.680	0.36300	0.54500	0.72600	0.90800	1.09000	1.45200	1.81600
0.690	0.37400	0.56100	0.74800	0.93500	1.12200	1.49600	1.87000
0.700	0.38500	0.58000	0.77000	0.96500	1.16000	1.54000	1.93000
0.720	0.40700	0.61000	0.81400	1.07000	1.22000	1.62800	2.03400
0.740	0.43000	0.65000	0.86000	1.07500	1.29000	1.72000	2.15000
0.750	0.44200	0.67000	0.88200	1.10600	1.33000	1.76400	2.21200
0.760	0.45400	0.68000	0.90800	1.13400	1.36000	1.81600	2.26800

（续）

不带绝缘时导线的直径毫米	截面积 毫米²	在下列各种电流密度下，导线中容许的电流负载（安）					
		1.5安/毫米²	2安/毫米²	2.5安/毫米²	3安/毫米²	4安/毫米²	5安/毫米²
0.770	0.46600	0.70000	0.93200	1.16600	1.40000	1.86400	2.33200
0.780	0.47800	0.71500	0.95600	1.19300	1.43000	1.91200	2.38600
0.800	0.50300	0.75500	1.01000	1.26000	1.51000	2.0200	2.52000
0.820	0.52800	0.79000	1.06000	1.32000	1.58000	2.1200	2.64000
0.830	0.54100	0.81000	1.08000	1.35000	1.62000	2.1600	0.70000
0.840	0.55400	0.83000	1.11000	1.39000	1.66000	2.22000	2.77000
0.850	0.56700	0.85000	1.13000	1.42000	1.70000	2.22000	2.83000
0.860	0.58100	0.87000	1.16000	1.45000	1.74000	2.32000	2.90000
0.880	0.60800	0.91000	1.22000	1.52000	1.82000	2.44000	3.04000
0.900	0.63600	0.95500	1.27000	1.59000	1.91000	2.54000	3.18000
0.920	0.66500	1.00000	1.33000	1.67000	2.00000	2.66000	3.33000
0.930	0.67900	1.01000	1.36000	1.69000	2.02000	2.72000	3.38000
0.940	0.69400	1.04000	1.39000	1.74000	2.08000	2.78000	3.47000
0.950	0.70900	1.06500	1.42000	1.78000	2.13000	2.84000	3.55000
0.960	0.72400	1.08500	1.45000	1.81000	2.17000	2.90000	3.62000
0.980	0.75400	1.13000	1.51000	1.88000	2.26000	3.02000	3.77000
1.000	0.78500	1.17000	1.57000	1.96000	2.35000	3.14000	3.92000
1.040	0.85000	1.28000	1.70000	2.13000	2.55000	3.40000	4.25000
1.050	0.86600	1.30000	1.73000	2.17000	2.60000	3.46000	4.33000
1.080	0.91600	1.38000	1.83000	2.29000	2.75000	3.66000	4.58000
1.100	0.95000	1.43000	1.90000	2.38000	2.85000	3.80000	4.75000
1.120	0.98500	1.48000	1.97000	2.47000	2.96000	3.94000	4.93000
1.150	1.04000	1.56000	2.08000	2.60000	3.12000	4.16000	5.20000
1.160	1.05700	1.59000	2.11000	2.64000	3.17000	4.22000	5.28000
1.200	1.13000	1.69000	2.26000	2.88000	3.39000	4.52000	5.65000
1.250	1.21000	1.82000	2.42000	3.08000	3.63000	4.84000	6.05000
1.300	1.33000	1.99000	2.66000	3.33000	3.99000	5.32000	6.65000
1.350	1.43000	2.15000	2.86000	3.58000	4.29000	5.72000	7.15000
1.400	1.54000	2.31000	3.08000	3.85000	4.62000	6.16000	7.70000
1.450	1.65000	2.48000	3.30000	4.13000	4.95000	6.60000	8.25000
1.500	1.77000	2.66000	3.54000	4.43000	5.31000	7.08000	8.85000
1.550	1.89000	2.84000	3.78000	4.73000	5.67000	7.55000	9.45000
1.560	1.91000	2.87000	3.82000	4.78000	5.73000	7.64000	9.55000
1.600	2.01000	3.02000	4.02000	5.03000	6.03000	8.08000	10.05000
1.620	2.06000	3.09000	4.12000	5.15000	6.18000	8.24000	10.30000
1.650	2.14000	3.21000	4.28000	5.35000	6.42000	8.56000	10.70000
1.680	2.22000	3.33000	4.44000	5.55000	6.66000	8.88000	11.10000
1.700	2.27000	3.41000	4.54000	5.68000	6.81000	9.08000	11.35000
1.740	2.38000	3.57000	4.76000	5.95000	7.14000	9.52000	11.90000

（续）

不带绝缘时导线的直径毫米	截面积 毫米²	在下列各种电流密度下，导线中容许的电流负载（安）					
		1.5安/毫米²	2安/毫米²	2.5安/毫米²	3安/毫米²	4安/毫米²	5安/毫米²
1.750	2.41000	3.62000	4.82000	6.03000	7.23000	9.64000	12.05000
1.800	2.54000	3.81000	5.08000	6.35000	7.62000	10.16000	12.70000
1.810	2.57000	3.86000	5.14000	6.34000	7.71000	10.28000	12.85000
1.850	2.69000	4.04000	5.38000	6.73000	8.07000	10.76000	13.45000
1.880	2.78000	4.17000	5.56000	6.95000	8.34000	11.12000	13.90000
1.900	2.84000	4.26000	5.68000	7.10000	8.52000	11.36000	14.20000
1.950	2.99000	4.48000	5.98000	7.48000	8.97000	11.96000	14.95000
2.000	3.14000	4.71000	6.28000	7.85000	9.42000	12.56000	15.70000
2.020	3.20000	4.80000	6.40000	8.00000	9.60000	12.80000	16.00000
2.050	3.30000	4.95000	6.60000	8.25000	9.90000	13.20000	16.50000
2.100	3.46000	5.20000	6.92000	8.66000	10.40000	13.84000	17.32000
2.150	3.63000	5.45000	7.26000	9.08000	10.90000	14.52000	18.16000
2.200	3.80000	5.70000	7.60000	9.50000	11.40000	15.20000	19.00000
2.250	3.98000	5.95000	7.96000	9.93000	11.90000	15.92000	19.86000
2.260	4.01000	6.01500	8.02000	10.03000	12.03000	16.04000	20.05000
2.300	4.15000	6.25000	8.30000	10.40000	12.50000	16.60000	20.80000
2.350	4.34000	6.50000	8.68000	10.84000	13.00000	17.36000	21.68000
2.400	4.52000	6.80000	9.04000	11.32000	13.60000	18.08000	22.64000
2.440	4.68000	7.02000	9.36000	11.70000	14.04000	18.72000	23.40000
2.450	4.71000	7.05000	9.42000	11.76000	14.10000	18.84000	23.52000
2.500	4.91000	7.35000	9.82000	12.26000	14.70000	19.64000	24.52000
2.550	5.11000	7.62000	10.20000	12.85000	15.30000	20.40000	25.70000
2.600	5.31000	7.95000	10.60000	13.25000	15.90000	21.20000	26.50000
2.630	5.44000	8.16000	10.88000	13.60000	16.32000	21.76000	27.20000
2.650	5.52000	8.30000	11.00000	13.80000	16.60000	22.00000	27.60000
2.700	5.73000	8.60000	11.50000	14.35000	17.20000	23.00000	28.70000
2.800	6.16000	9.25000	12.30000	15.40000	18.50000	24.60000	30.80000
2.830	6.30000	9.45000	12.60000	15.75000	18.90000	25.20000	31.50000
2.850	6.38000	9.55000	12.80000	15.95000	19.10000	25.60000	31.90000
2.900	6.61000	9.90000	13.20000	16.50000	19.80000	26.40000	33.00000
2.950	6.83000	10.25000	13.70000	17.10000	20.50000	27.40000	34.20000
3.000	7.07000	10.60000	14.10000	17.65000	21.20000	28.20000	35.30000
3.050	7.32000	10.98000	14.64000	18.32000	21.96000	29.28000	36.64000
3.100	7.55000	11.35000	15.10000	18.90000	22.70000	30.20000	37.80000
3.200	8.04000	12.05000	16.10000	20.10000	24.10000	32.20000	40.20000
3.280	8.45000	12.68000	16.90000	21.18000	25.35000	33.80000	42.25000
3.300	8.55000	12.85000	17.00000	21.40000	25.70000	34.20000	42.80000
3.400	9.08000	13.60000	18.20000	22.70000	27.20000	36.40000	45.40000
3.500	9.62000	14.45000	19.20000	24.05000	28.90000	38.40000	48.10000

（续）

不带绝缘时导线的直径毫米	截面积 毫米²	在下列各种电流密度下，导线中容许的电流负载（安）					
		1.5安/毫米²	2安/毫米²	2.5安/毫米²	3安/毫米²	4安/毫米²	5安/毫米²
3.530	9.81000	14.73000	19.62000	24.53000	29.43000	39.24000	49.05000
3.600	10.20000	15.30000	20.40000	25.50000	30.60000	40.80000	51.00000
3.700	10.80000	16.20000	21.60000	27.00000	32.40000	43.20000	54.00000
3.800	11.30000	16.95000	22.60000	28.25000	33.90000	45.20000	56.50000
3.900	11.90000	17.85000	23.80000	29.75000	35.70000	47.60000	59.50000
4.000	12.60000	18.90000	25.20000	31.50000	37.80000	50.40000	63.30000
4.100	13.20000	19.80000	26.40000	33.00000	39.60000	52.80000	66.00000
4.200	13.90000	20.85000	27.80000	34.76000	41.70000	55.60000	69.50000
4.300	14.50000	21.75000	29.00000	36.25000	43.50000	58.00000	72.50000
4.400	15.20000	22.80000	30.40000	38.00000	45.60000	60.80000	76.00000
4.500	15.90000	23.85000	31.80000	39.75000	47.70000	63.60000	79.50000
4.600	16.60000	24.90000	33.20000	41.50000	49.80000	66.40000	83.00000
4.700	17.30000	25.95000	34.60000	43.25000	51.90000	69.20000	86.50000
4.800	18.10000	27.15000	36.20000	45.25000	54.30000	72.40000	90.50000
4.960	18.90000	28.35000	37.80000	47.25000	56.70000	75.60000	94.50000
5.000	19.60000	29.40000	39.20000	49.00000	58.80005	78.40000	98.00000
5.200	21.24000	31.86000	42.48000	53.10000	63.72000	84.96000	106.20000
5.500	23.80000	35.70000	47.60000	59.50000	71.40000	95.20000	119.00000
6.000	28.30000	42.45000	56.60000	70.75000	84.90000	113.20000	141.50000

附录 8　　每1厘米长度的电阻板上用密集绕法实际可绕圈数

不带绝缘时的导线直径毫米	漆包 Q	单丝包 ST	单丝漆包 QST	双丝包 STE	单纱包 M	双纱包 ME
0.05	150	90	82	60	—	—
0.06	128.5	82	75	56.3	—	—
0.07	112.5	75	69	52.8	—	—
0.08	100	69	64.3	50	—	—
0.09	90	64.3	60	47.4	—	—
0.10	78.2	60	54.6	45	47.4	—
0.11	72	56.3	51.4	42.8	45	—
0.12	66.5	52.8	48.6	40.8	42.8	—
0.13	62	50	46.1	39.1	40.8	—
0.14	58	47.4	43.8	37.5	39.1	—
0.15	54.5	45	41.8	36	37.5	—
0.16	51.5	42.8	40	34.6	36	—
0.17	48.6	40.8	38.5	33.3	34.6	—
0.18	46.2	39.1	36.7	32.1	33.3	—
0.19	43.8	37.5	35.3	31	32.1	—
0.20	40.9	34.6	32.1	281	31	24.3
0.21	39.5	33.3	31	27.3	30	23.7
0.23	36	31	29	25.7	28.1	22.5
0.25	33.3	29	27.3	24.3	26.5	21.2
0.27	30.4	27.3	25.3	23.1	23.7	19.15
0.29	28.6	25.7	24	21.9	22.5	18.35
0.31	26.5	24.3	22.5	20.9	21.4	17.65
0.33	25.0	23.1	21.2	20	20.43	17
0.35	23.7	21.9	20.23	19.1	19.55	16.7

附录 9　在每1厘米²的线圈截面积中用密集的交迭式绕法实际可绕的圈数

不带绝缘时的导线直径，毫米	漆包 Q	单丝包 ST	单丝漆包 QST	双丝包 STE	单纱包 M	双纱包 ME	所采用的绕线效率
0.05	10080	4000	3072	1944	—	—	0.4
0.06	8590	3760	2960	1752	—	—	0.45
0.07	7500	3550	2840	1730	—	—	0.5
0.08	6240	3172	2574	1617	—	—	0.52
0.09	5500	2904	2400	1550	—	—	0.55
0.10	4458	2724	2142	1506	1728	—	0.6
0.11	3846	2400	1926	1380	1 06	—	0.6
0.12	3588	2327	1855	1365	1430	—	0.65
0.13	3146	2087	1710	1255	1365	—	0.65
0.14	2769	1885	1560	1157	1255	—	0.65
0.15	2457	1716	1424	1073	1157	—	0.65
0.16	2380	1680	1407	1071	1155	—	0.7
0.17	2155	1533	1295	1001	1071	—	0.7
0.18	1932	1414	1204	935	1001	—	0.7
0.19	1875	1388	1193	934	998	—	0.75
0.20	1643	1193	998	776	938	557	0.75
0.21	1508	1110	938	731	878	530	0.75
0.23	1290	968	825	653	776	480	0.75
0.25	1184	904	780	626	736	467	0.8
0.27	968	780	644	552	580	371	0.8
0.29	852	698	580	500	528	342	0.8
0.31	716	627	514	458	477	318	0.8
0.33	644	568	469	420	440	296	0.8
0.35	616	544	456	410	428	293	0.85
0.38	534	476	402	363	378	265	0.85
0.41	457	419	351	326	337	241	0.85
0.44	402	371	315	292	303	219	0.85
0.47	357	332	284	264	274	201	0.85
0.49	339	316	271	254	262	195	0.87
0.51	311	294	250	238	246	184	0.87
0.53	290	275	235	224	231	176	0.87
0.55	271	258	221	212	218	165	0.87
0.57	254	243	209	200	206	157	0.87
0.59	239	228	197	190	195	150	0.87
0.62	225	216	188	180	185	144	0.9
0.64	213	204	177	171	176	140	0.9

（续）

不带绝缘时的导线直径，毫米	漆包 Q	单丝包 ST	单丝漆包 QST	双丝包 STE	单纱包 M	双纱包 ME	所采用的绕线效率
0.67	195	188	165	158	163	129	0.9
0.69	185	178	158	151	156	123	0.9
0.72	167	—	140	—	142	114	0.9
0.74	159	—	134	—	136	110	0.9
0.77	151	—	129	—	130	106	0.92
0.80	141	—	121	—	121	99	0.92
0.83	132	—	113	—	114	94	0.92
0.86	122	—	107	—	108	89	0.92
0.90	113	—	98	—	99	83	0.92
0.93	107	—	93	—	94	78	0.92
0.96	100	—	88	—	89	75	0.92
1.0	95	—	84	—	86	67	0.95
1.04	87	—	77	—	76	62	0.95
1.08	81	—	72	—	72	58	0.95
1.12	76	—	68	—	67	55	0.95
1.16	71	—	64	—	63	52	0.95
1.20	67	—	60	—	60	49	0.95
1.25	61	—	56	—	56	46	0.95
1.30	57	—	52	—	52	43	0.95
1.35	53	—	48	—	48	41	0.95
1.40	49	—	46	—	46	38	0.95
1.45	47	—	43	—	43	36	0.95
1.50	45	—	41	—	40.7	35	0.97
1.56	41	—	—	—	38	33	0.97
1.62	3	—	—	—	35	31	0.97
1.68	36	—	—	—	33	29	0.97
1.74	33	—	—	—	31	27	0.97
1.81	31	—	—	—	29	25	0.97
1.88	29	—	—	—	28	24	0.97
1.95	27	—	—	—	25	22	0.97
2.02	25	—	—	—	24	21	0.97

Document generated by Anna’s Archive around 2023-2024 as part of the DuXiu collection (https://annas-blog.org/duxiu-exclusive.html).

Images have been losslessly embedded. Information about the original file can be found in PDF attachments. Some stats (more in the PDF attachments):

{
  "filename": "MTAyNDgzOTguemlw",
  "filename_decoded": "10248398.zip",
  "filesize": 22168776,
  "md5": "6ecf9a7ccdd24086fb8c74099ea6e5f0",
  "header_md5": "ce7498d447e2dc57445afd9e50d3f3cd",
  "sha1": "bb66964e2b32e020c0438c606a76cfbb6af364b9",
  "sha256": "e127cec4306b32adc330f6f8e83fd518abe9fca794bb17c0d60e6694a6f88706",
  "crc32": 1634471517,
  "zip_password": "",
  "uncompressed_size": 22531030,
  "pdg_dir_name": "",
  "pdg_main_pages_found": 319,
  "pdg_main_pages_max": 319,
  "total_pages": 325,
  "total_pixels": 2286626400,
  "pdf_generation_missing_pages": false
}